

## BAB IV

### DATA DAN ANALISA

#### 4.1 Pemilihan Material *Belt* pada *Belt Conveyor* untuk Pengangkut Biomassa sebagai Campuran Batubara

Berdasarkan pada Asbhy (2005), ketika melakukan pemilihan material, terdapat empat langkah utama, yaitu ada *translation*, *screening*, *ranking* dan beserta informasi pendukung. Berikut adalah penjelasan dari langkah-langkahnya:

##### 4.1.1 *Translation*

Pada langkah pertama ini akan dilakukan pemilihan kandidat material yang akan digunakan pada *belt*. *Belt* ini pertama-tama akan dianalisis dan diidentifikasi fungsi, kemampuan dan keterampilan yang diperlukan oleh material tersebut. Pada tahapan pertama ini, terdapat empat subtahap, yaitu:

a. *Function* (apa yang dapat dilakukan *belt*)

1. Mampu menahan beban eksternal yaitu biomassa serbuk kayu itu sendiri dan dengan kapasitas 16,7 ton/jam

b. *Constraints* (batasan yang digunakan pada *belt*)

1. Hanya digunakan untuk mengangkut biomassa serbuk kayu, material ini memiliki tekstur yang ringan dan bersifat *nonabrasif*.
2. Material memiliki nilai *minimum tensile strength* sebesar 14 MPa.
3. Material memiliki nilai *minimum elongation* sebesar 400 %

c. *Objective* (apa yang dapat dimaksimalkan atau diminimalkan dari *belt*)

1. Memaksimalkan kemampuan untuk menahan biomassa serbuk kayu agar tidak jatuh

d. *Free Variable* (parameter yang dapat di ubah oleh perancang)

1. Pemilihan material pada *belt*

#### 4.1.2 Screening

Kemudian pada tahap kedua ini yaitu akan dilakukan eliminasi kandidat material yang tidak sesuai dengan batasan yang digunakan pada *belt* atau *constraints*, yaitu material dengan nilai *tensile strength* minimalnya 14 MPa dan panjangnya sudah ditentukan pada desain serta *objective* nya yaitu material ini harus dapat menahan biomassa serbuk kayu agar tidak jatuh.

Menurut CEMA (2007), *Belt* ini pada umumnya memiliki material yang terbuat dari karet alami, SBR, *polybutadine*, dan *acrylonitrile* atau bisa juga dengan mengombinasikan berbagai material tersebut. Material-material ini jika diteliti lebih lanjut maka kemudian didefinisikan sebagai *Rubber Manufacturers Association* (RMA) dan dikategorikan sebagai *Grade I* dan *Grade II*. *RMA Grade I* ini terdiri dari material karet alam atau sintetis maupun dikombinasikan keduanya, material ini memiliki karakteristik sebagai material yang tahan terhadap terpotong, tercungkil dan sobekan yang sangat baik. Material dengan *grade I* ini lebih direkomendasikan untuk mengangkut bahan yang bersifat abrasif dan juga untuk kondisi pemuatan benturan yang ekstrim. Sedangkan, *RMA Grade II* ini terdiri dari material elastomer yang komposisinya serupa dengan *Grade I* memiliki ketahanan terhadap material abrasif yang baik akan tetapi mungkin tidak akan memberikan tingkat ketahanan terhadap terpotong atau tercungkil.

Ketika material *belt* ini ditest berdasarkan standar ASTM D412, hasil *tensile strength* dan hasil *elongation break* nya harus memenuhi persyaratan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.1** *Material Properties* pada Dua *Grade Belt* dari *Rubber Manufacturers Association (RMA)*

<b>Grade</b>	<b>Nilai Kekuatan Tarik Minimal (psi)</b>	<b>Nilai Kekuatan Tarik Minimal (MPa)</b>	<b>Elongasi Minimal hingga Putus (%)</b>
I	2500	17	400
II	2000	14	400

**Tabel 4.2** Penjelasan Kelebihan-kelebihan dari Berbagai Macam Material *Belt* yang digunakan pada *Belt Conveyor*

<i>Grade</i>	<b>Kelebihan secara Garis Besar</b>			<b>Pengaplikasian Material</b>
	<b>Ketahanan terhadap Resiko Terpotong dan Sobek</b>	<b>Ketahanan terhadap Abrasi</b>	<b>Ketahanan terhadap Material Berminyak</b>	
<b>Material-material yang Bersifat Umum</b>				
<i>Grade I</i>	Sangat Baik	Sangat Baik	Tidak Direkomendasikan	Bijih-bijih berukuran besar, material-material yang tajam. Untuk membawa material yang ekstrim.
<i>Grade II</i>	Baik	Baik Mendekati Sangat Baik	Tidak Direkomendasikan	Material-material berukuran tidak beraturan dengan aksi pemotongan yang terbatas-abrasi primer. Untuk pelayanan tugas yang berat

<b>Material Berminyak atau Oil dan Kimiawi</b>				
<i>Chloroprene (Neoprene) oil resistant</i>	Baik	Sangat Baik	Sangat baik untuk material-material berminyak seperti minyak bumi, minyak nabati dan minyak hewani	Batubara yang disemprot minyak bumi (minyak bumi hingga 20% aromatik, bahan bakar diesel No. 2). Bahan apa pun yang diolah dengan atau mengandung minyak bumi dalam jumlah besar.
<i>Buna N Nitrile oil resistant</i>	Baik	Baik	Sangat baik untuk material-material berminyak seperti minyak nabati dan minyak hewani	Biji-bijian berminyak seperti kedelai, jagung yang ditumbuk dan sebagainya, batubara yang disemprot minyak (minyak bumi hingga 40% aromatik, minyak pemanas no. 2)
<i>Medium oil resistant</i>	Baik	Baik	Sangat baik untuk material-material berminyak seperti minyak bumi, minyak nabati dan minyak hewani	Batubara yang sangat halus, biji-bijian dan pakan yang berminyak, serbuk kayu, dan fosfat.

Maka pada tahap *screening* ini akhirnya didapat lima kandidat material yaitu *RMA grade I*, *RMA grade II*, *Chloroprene (Neoprene) Oil*

*Resistant, Buna N Nitrile Oil Resistant dan Medium Oil Resistant.* Setelah didapatkan kandidatnya, maka kemudian masuk ke tahap selanjutnya, yaitu tahap *ranking*.

#### 4.1.3 *Ranking*

Berdasarkan tahap *screening* yang telah dijabarkan di atas, kemudian dilakukan tahapan *ranking*, pada tahap *ranking* ini kemudian kedua kandidat material ini dipilih berdasarkan parameter objektif yang ingin dicapai, yaitu memaksimalkan kemampuan *belt* untuk menahan biomassa serbuk kayu agar tidak jatuh.

**Tabel 4.3** Kandidat Material untuk *Belt*

<b>Material</b>	<b>Rank Material</b>
<i>Grade I</i>	2
<i>Grade II</i>	3
<i>Chloroprene (Neoprene) oil resistant</i>	5
<i>Buna N Nitrile oil resistant</i>	4
<i>Medium oil resistant</i>	1

Berdasarkan sifat-sifat material *RMA* yang telah dijelaskan di atas, maka dipilihlah material *RMA Medium Oil Resistant*. Kemudian setelah ditentukan materialnya, maka selanjutnya harus ditentukan ketebalan minimal dari *belt*nya dan ketebalan minimal dari *pulleynya*. Berikut ini adalah tabel untuk menentukan ketebalan minimal *belt* yang direkomendasikan untuk mengangkut bahan pada *belt conveyor* pada kondisi normal – *RMA Grade II*.

**Tabel 4.4** Ketebalan Minimal *Belt* yang Direkomendasikan untuk Mengangkut Bahan pada *Belt Conveyor* pada Kondisi normal – *Medium Oil Resistant*

Golongan Material	Contoh Material	Ketebalan (inchi)
Paket/Kemasan	Karton, produk-produk makanan	Bergesekan sampai dengan 1/32
Ringan dan halus, bersifat nonabrasif	Serbuk kayu, <i>pulp</i> dari kertas, biji-bijian, batubara bitumen, bijih kalium	1/16 sampai dengan 1/8
Halus dan abrasif	Pasir-pasir yang halus, klinker	1/8 sampai dengan 3/16
Berat, dihancurkan sampai berukuran 3 inchi (76 mm)	Pasir dan aspal, batu yang dihancurkan	1/8 sampai dengan 3/16
Berat, dihancurkan sampai berukuran 8 inchi (203 mm)	Batubara, batu dan bijih besi	3/16 sampai dengan 1/4
Berat, gumpalan berukuran besar	Bijih besi kasar dan terak	1/4 sampai dengan 5/16

Kemudian jika dilihat dari tabel di atas, ketebalan minimal *belt* sesuai dengan kondisi pengoperasiannya menggunakan material yang bersifat *non-abrasif* maka ketebalan pilihannya ada 1/16 sampai dengan 1/8 inchi atau 1,5875 sampai dengan 3,175 mm. Akan tetapi, akan dipilih *belt* dengan ketebalan 3,175 mm.

#### 4.1.4 Informasi Pendukung

Pada tahap sebelumnya dijelaskan bahwa material pada *belt* dipilih hanya berdasarkan tahap *translation*, sehingga membutuhkan beberapa informasi pendukung (*supporting information*) dari material *RMA Grade II* ini berupa perilaku material ini pada benda lainnya.

## 4.2 Pemilihan Material Rangka pada *Belt Conveyor* untuk Pengangkut

### Biomassa sebagai Campuran Batubara

Berdasarkan pada Asbhy (2005), ketika melakukan pemilihan material, terdapat empat langkah utama, yaitu ada *translation*, *screening*, *ranking* dan beserta informasi pendukung. Berikut adalah penjelasan dari langkah-langkahnya:

#### 4.2.1 *Translation*

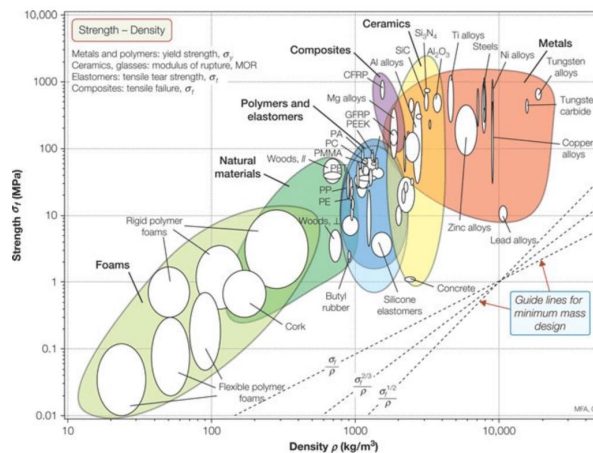
Pada langkah pertama ini akan dilakukan pemilihan kandidat material yang akan digunakan pada rangka. Rangka ini adalah penahan atau *support* untuk menahan beban dari seluruh komponen *belt conveyor* dan beban yang bekerja pada *belt conveyor*. Pembebanan ini terjadi karena adanya gaya berat dan reaksi dari masing-masing tumpuan. Rangka ini pertama-tama akan dianalisis dan diidentifikasi fungsi, kemampuan dan keterampilan yang diperlukan oleh material tersebut. Pada tahapan pertama ini, terdapat empat subtahap, yaitu:

- a. *Function* (apa yang dapat dilakukan rangka)
  1. Mampu menahan beban seluruh komponen dan beban material yang mengalir di sepanjang *belt conveyor*
- b. *Constraints* (batasan yang digunakan pada rangka)
  1. Keras (*Hardness*)
  2. Kaku (*Stiffness*)
- c. *Objective* (apa yang dapat dimaksimalkan atau diminimalkan dari rangka)
  1. Kuat (*Strength*)
- d. *Free Variable* (parameter yang dapat di ubah oleh perancang)
  1. Pemilihan material pada rangka

#### 4.2.2 *Screening*

Kemudian pada tahap kedua ini yaitu akan dilakukan eliminasi kandidat material yang tidak sesuai dengan batasan yang digunakan pada rangka. Untuk mendapatkan material yang mampu menahan beban statis dengan baik dan bersifat keras dan kaku, maka dibutuhkan hubungan

antara variabel-variabel tersebut. Berdasarkan (Ashby, 2011), berikut ini adalah gambar grafik untuk menentukan material pada rangka.



**Gambar 4.1** Pemilihan Material Rangka

Berdasarkan grafik di atas, terdapat 6 kelas material yang dapat memenuhi dari fungsi rangka yaitu logam, komposit, polimer, keramik, busa dan material alam. Material logam ini lah yang paling memenuhi, karena material-material lain seperti polimer sangat mudah terdeformasi apabila terkena panas, sedangkan *belt conveyor* ini akan ditempatkan di lingkungan outdoor, busa dan material-material alam seperti kayu, dan karet memiliki ketahanan terhadap pembebanan yang buruk sehingga tidak cocok apabila diaplikasikan sebagai material rangka, kemudian komposit dan keramik yang sangat sulit untuk dimanufaktur. Kandidat-kandidat material logam yang memenuhi syarat adalah aluminium (Al), baja dan besi.

### 4.2.3 Ranking

Berdasarkan tahap *screening* yang telah dijabarkan di atas, kemudian dilakukan tahapan *ranking*, pada tahap ranking ini kemudian kedua kandidat material ini dipilih berdasarkan parameter objektif yang ingin dicapai, yaitu mampu menahan beban seluruh komponen dan beban material yang mengalir di sepanjang *belt conveyor*.



**Tabel 4.5** Kandidat Material Rangka (Ashby, 2011)

<b>Material</b>	<b>Material Indeks</b>	<b>Biaya per m</b>
Aluminium <i>Alloy</i>	5,10-13,7	Rp51.690,56
Besi	2,69	Rp34.000,00
Baja Karbon	1,7	Rp46.000,00

Dari nilai indeks material diatas, dapat disimpulkan bahwa material aluminium memiliki nilai material indeks dan biaya yang paling besar dibandingkan kedua material metal lainnya, hal ini menunjukkan bahwa aluminium mempunyai kekakuan yang cukup besar dan massa jenis yang rendah. Akan tetapi apabila dilihat dari segmen harga, maka baja karbon memiliki harga yang lebih murah dibandingkan aluminium, namun, lebih mahal daripada besi. Kemudian, jika dilihat dari kebutuhan pada *belt conveyor*, rangka harus mampu menahan beban seluruh komponen dan beban material yang mengalir di sepanjang *belt conveyor* sehingga dipilihlah baja karbon untuk memenuhi fungsi ini.

#### 4.2.4 Informasi Pendukung

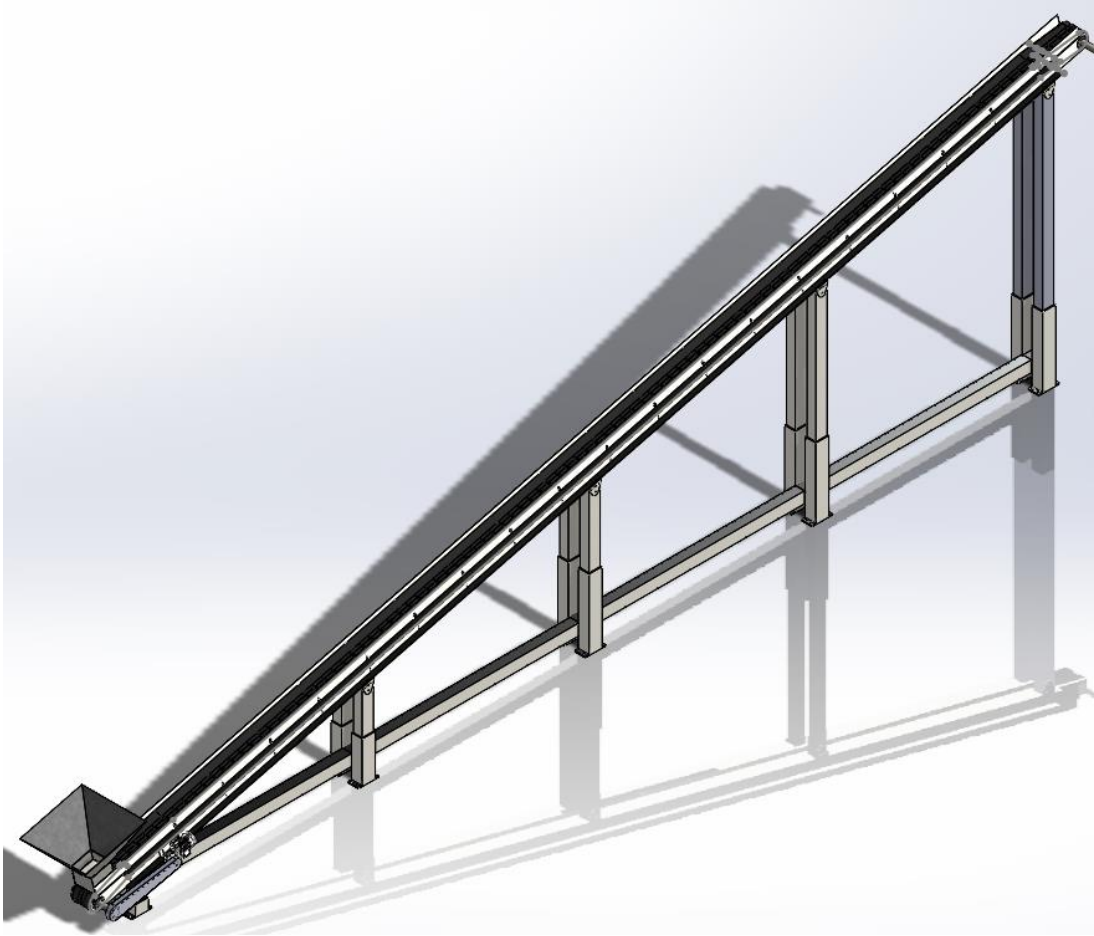
Pada tahap sebelumnya dijelaskan bahwa material pada *belt* dipilih hanya berdasarkan tahap *translation*, sehingga membutuhkan beberapa informasi pendukung (*supporting information*) dari material Baja Karbon Medium ini berupa perilaku material ini pada benda lainnya. Baja karbon ini memiliki kekakuan yang sangat baik dikarenakan kandungan karbonnya. Hal ini sangat penting untuk mencegah terjadinya patahan akibat beban menekuk. Salah satu jenis baja yang digunakan yaitu bertipe *plain carbon steel*. Selain memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi, baja ini juga sangat mudah ditemukan dipasaran.

**Tabel 4.6** Material Properties *Baja Karbon Medium* (Sumber: matweb.com)

<b>Sifat Fisik</b>	
Densitas	7,75-7,89 g/cc
Ukuran Partikel	6,7-12 $\mu\text{m}$
<b>Sifat Mekanis</b>	
Tensile Strength, Ultimate	450-2730 MPa
Tensile Strength, Yield	245-1740 MPa
Elongasi pada saat patah	5-34,2 %
Modulus Elastisitas	20-71,4 %
Poisson Ratio	0,28-0,3
Shear Modulus	72-82 GPa
Bulk Modulus	152-163 GPa

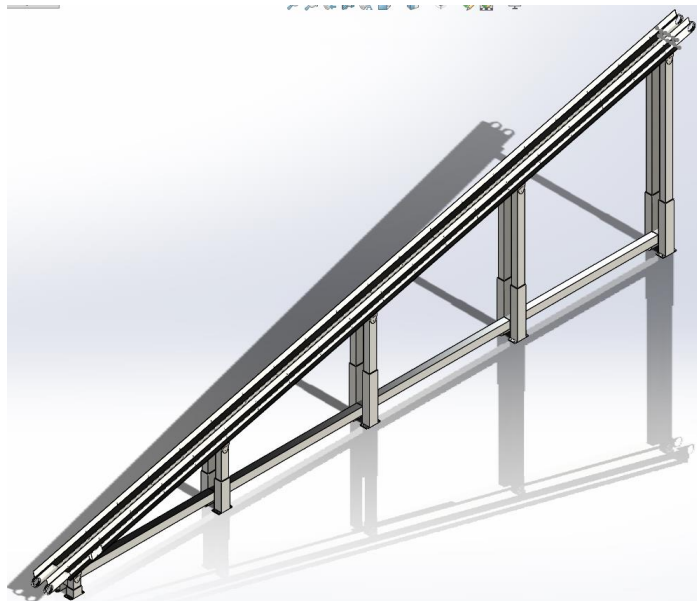
### 4.3 Perancangan Sistem *Belt Conveyor*

Berikut ini adalah gambar hasil dari perancangan sistem *belt conveyor* beserta dimensinya. Kemudian, di bawah gambar ini akan dijabarkan mengenai komponen-komponen utama pada *belt conveyor* ini.



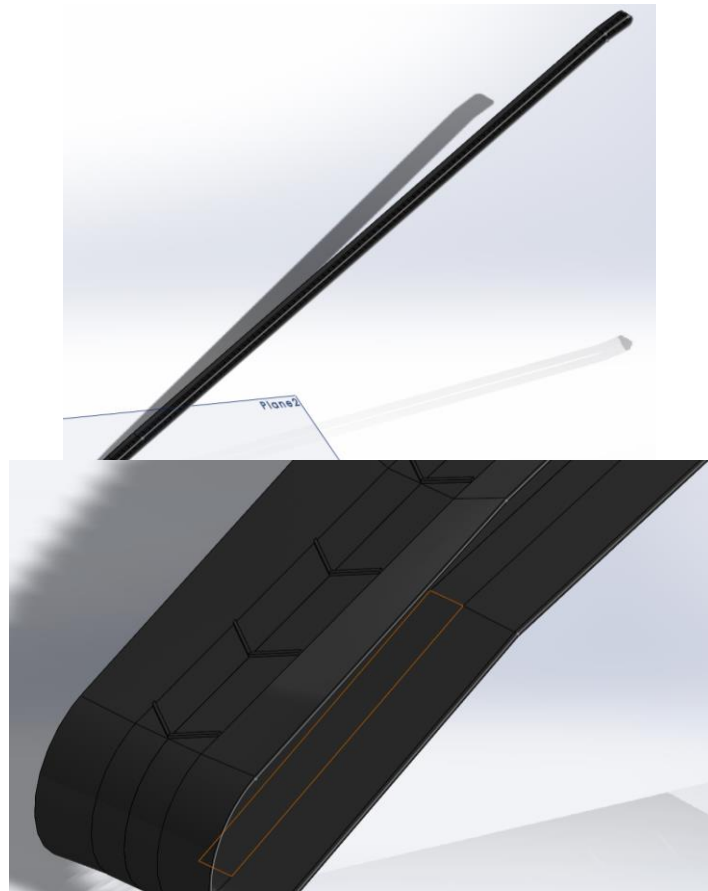
**Gambar 4.2** Rancangan *Belt Conveyor*

#### 4.3.1 Rangka



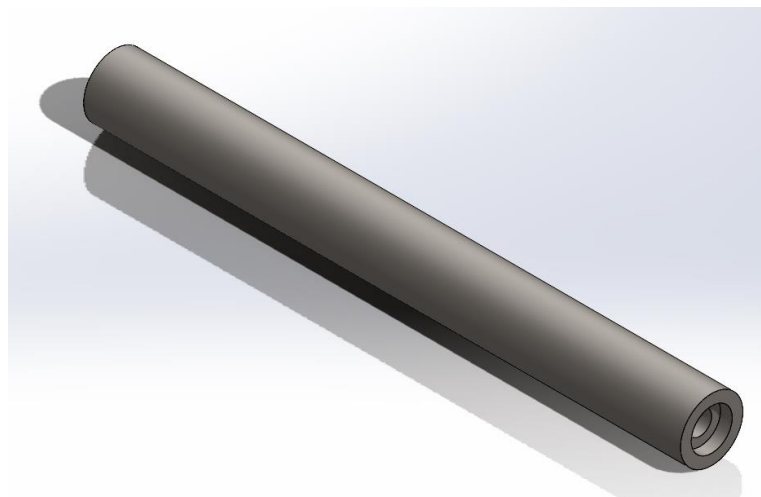
**Gambar 4.3** Rangka

### 4.3.2 Chevron Belt



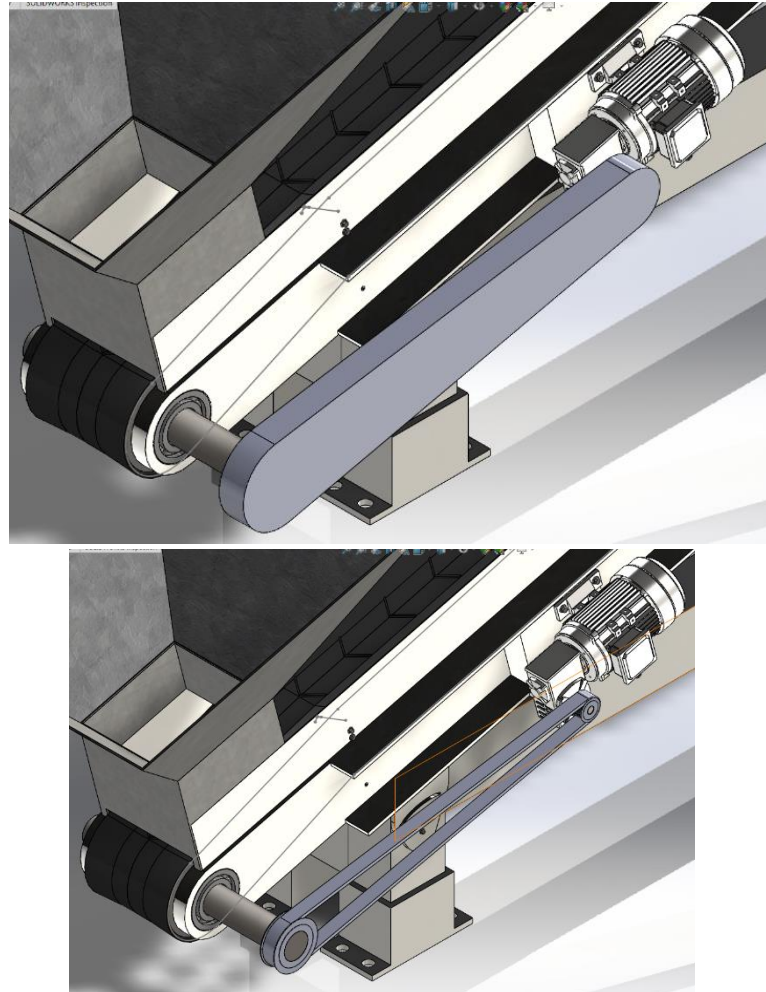
**Gambar 4.4** *Chevron Belt*

### 4.3.3 Return Roller



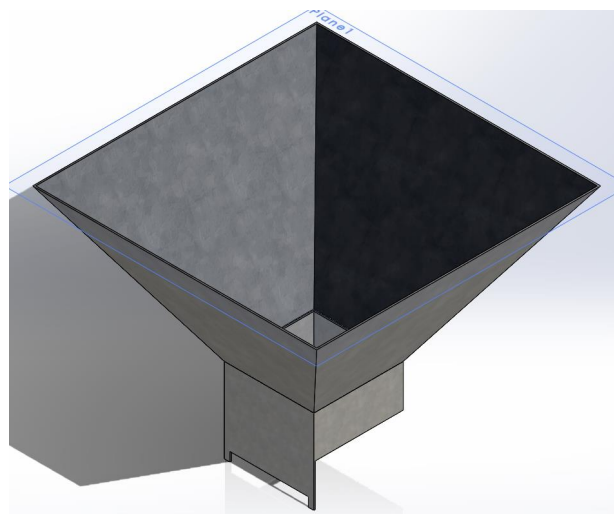
**Gambar 4.5** *Return Roller*

#### 4.3.4 Sistem Motor Penggerak



**Gambar 4.6** Sistem Motor Penggerak

#### 4.3.5 Hopper



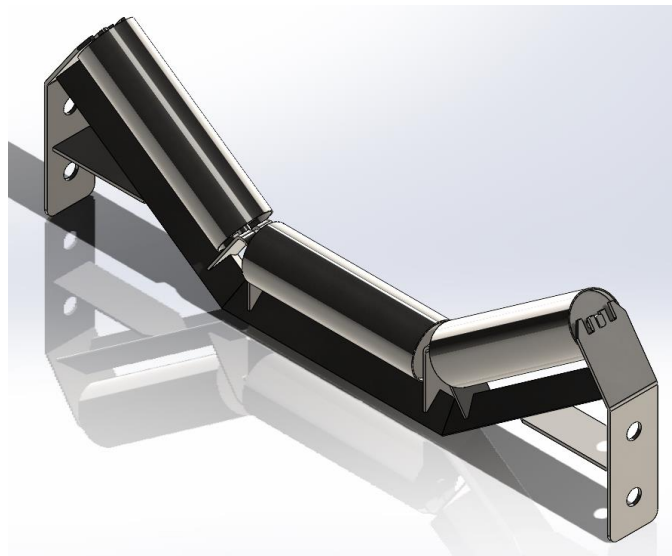
**Gambar 4.7** Hopper

#### 4.3.6 *Carrying Idler 1/Troughed Idler 1*



**Gambar 4.8** *Carrying Idler 1/Troughed Idler 1*

#### 4.3.7 *Carrying Idler 2/Troughed Idler 2*

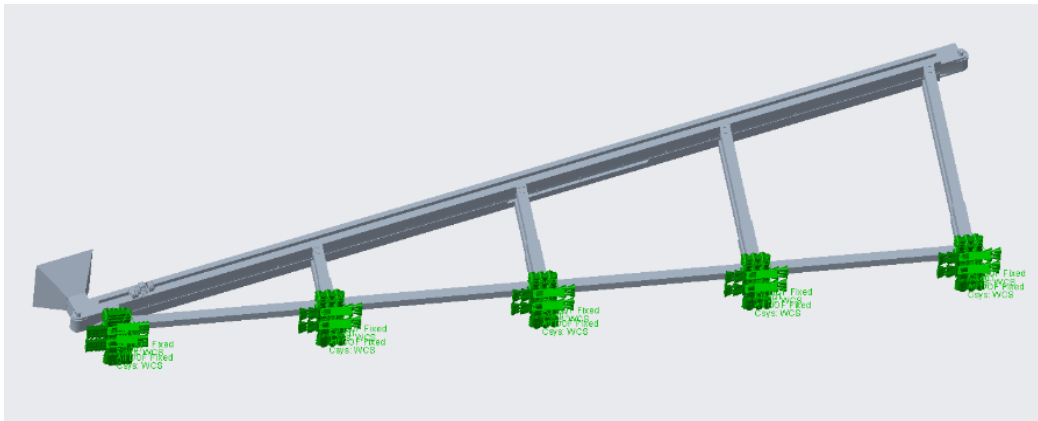


**Gambar 4.9** *Carrying Idler 2/Troughed Idler 2*

### 4.4 Simulasi dan Perhitungan Beban yang Bekerja

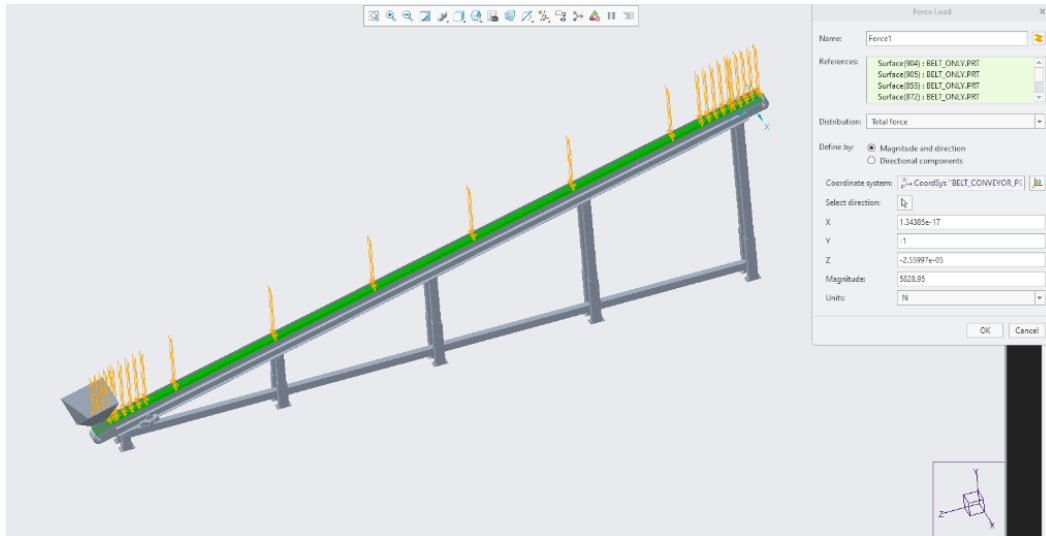
Setelah dilakukan perhitungan untuk menentukan berapa besarnya komponen pada *belt conveyor* dan juga sudah dilakukan perancangan keseluruhan sistem *belt conveyor*, maka langkah selanjutnya harus dilakukan simulasi. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan (*safety*

*factor*) dari desain yang sudah dibuat, beban-beban yang terjadi pada *belt conveyor* berasal dari bobot pada setiap komponen seperti *belt*, motor listrik dan *roller idlers*nya. Simulasi yang akan dilakukan adalah simulasi pembebanan statis pada sistem *belt conveyor*, simulasi pembebanan statis pada kedua poros *head* dan *tail pulley*. Sedangkan, untuk titik penahannya (*fixed support*) terdapat pada setiap baut di *belt conveyor* dan juga bagian bawah rangka *belt conveyor*, berikut ini adalah gambar dari titik penahannya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.10** Titik Penahan (*Fixed Support*) pada Simulasi *Belt Conveyor*

Lalu, untuk pembebanannya dilakukan di atas *belt*, karena untuk mensimulasikan apabila biomassa serbuk kayunya berjalan di atas *belt conveyor* tersebut. Berikut ini adalah ilustrasi untuk pembebanan yang dilakukan di atas *belt conveyor*.



**Gambar 4.11** Pembebanan yang dilakukan di atas *belt* pada Simulasi *Belt Conveyor*

Kemudian, harus ditentukan dulu profil *mass properties* untuk setiap komponen pada *belt conveyor*. *Mass properties* ini terdapat berbagai macam informasi di dalamnya, seperti massa, *center of gravity* atau disebut juga *center of mass*, densitas, total volume dan momen inersianya.

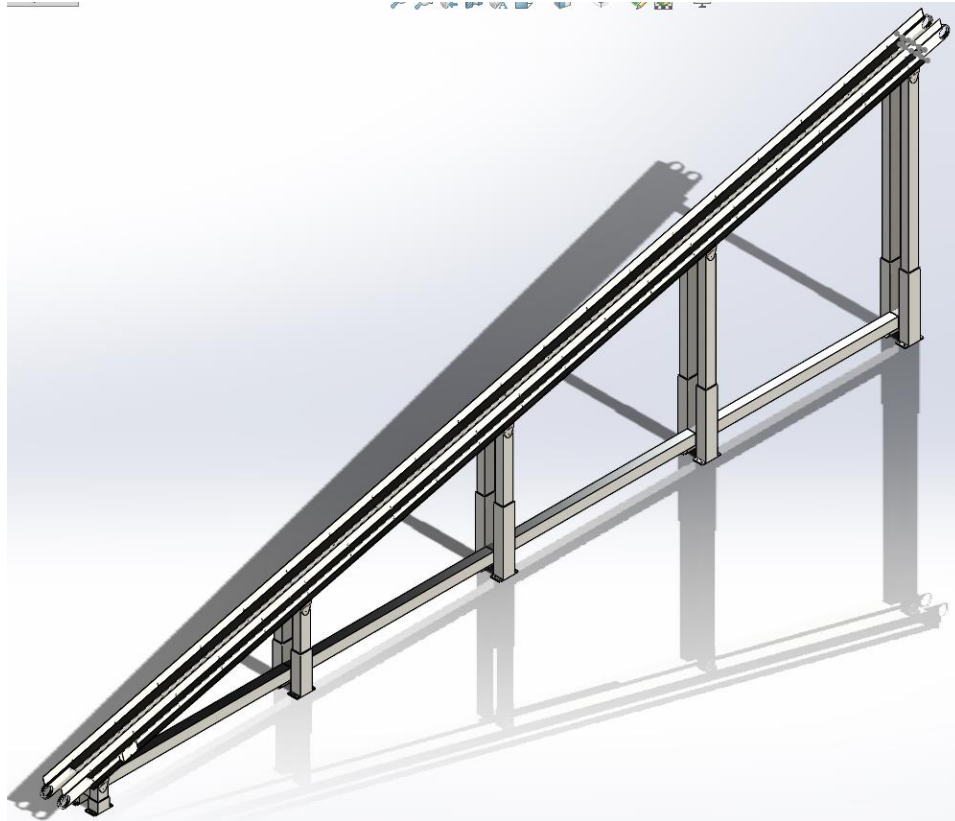
#### 4.4.1 *Mass Properties*

Definisi dari *mass properties* ini adalah informasi dari setiap komponen pada *belt conveyor*. *Mass properties* ini terdapat berbagai macam informasi di dalamnya, seperti massa, *center of gravity* atau disebut juga *center of mass*, densitas, total volume dan momen inersianya. Berikut ini komponen yang sudah ditentukan *mass properties*nya.

##### 4.4.1.1 Rangka

Rangka ini merupakan bagian terpenting pada sebuah *belt conveyor*, karena pada *belt conveyor* ini berfungsi sebagai penopang untuk berbagai komponen seperti head dan tail pulley, *troughed roller*, *return roller*, *belt* beserta motor penggeraknya. Berikut ini adalah desain rangka dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass properties*nya.





**Gambar 4.12** Rangka *Belt Conveyor*

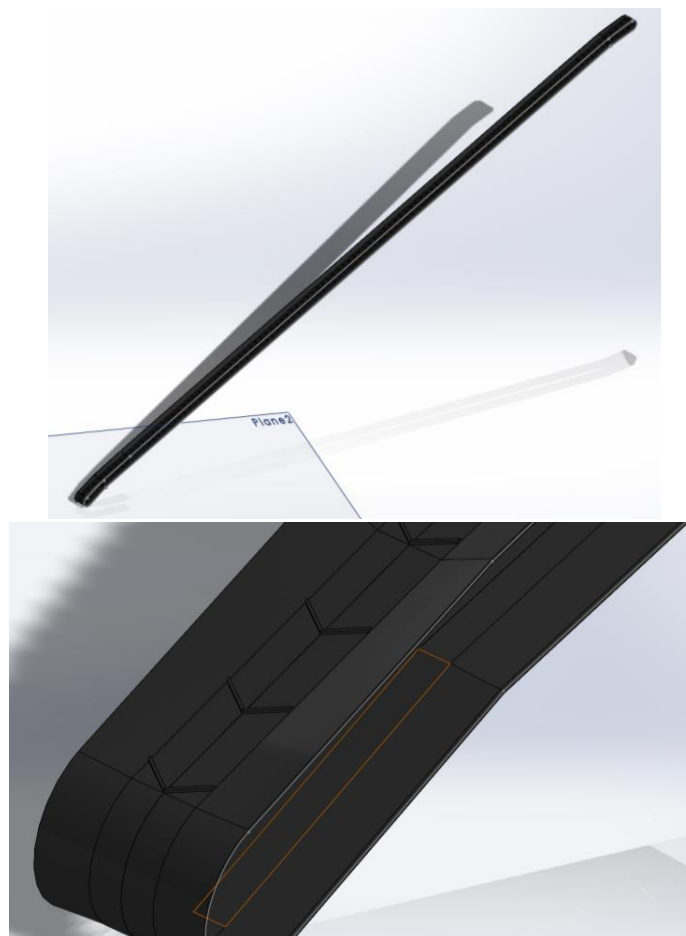
Mass properties of Belt Conveyor Pengangkut Sekam Kayu Rangka Only		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
Mass = 58600672.43 grams		
Volume = 7512746475.96 cubic millimeters		
Surface area = 483118767.33 square millimeters		
Center of mass: ( millimeters )		
X = 14674.05		
Y = 6284.81		
Z = 17968.41		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass.		
lx = ( 0.00, -0.16, 0.99)	Px = 281468156899462.78	
ly = (-0.02, -0.99, -0.16)	Py = 4728204174444052.00	
lz = ( 1.00, -0.02, 0.00)	Pz = 5000020776250499.00	
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 4999920563782743.00	Lyy = 4142089316538.57	Lzz = 6156679202583.07
Lxy = 4142089316538.57	Lyz = -685863639951106.75	
Lxz = 6156679202583.07	Lzy = -685863639951106.75	Lzz = 389903683490823.88
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 26234606355100928.00	lxy = 5408511164969664.00	lxz = 1545735561
lyx = 5408511164969664.00	lyy = 36158246583628552.00	lyz = 5931797480926779.00
lzx = 15457355612619796.00	lzy = 5931797480926779.00	lzz = 1532291703

**Gambar 4.13** *Mass Properties* dari Rangka *Belt Conveyor*

Jenis material	: <i>Plain Carbon Steel</i>
Massa benda	: 58600672,43 gr
Volume	: 7.512.746.475,96 mm <sup>3</sup>
<i>Surface area</i>	: 483.118.767,33 mm <sup>2</sup>
<i>Center of Mass</i>	: X = 14.674,05 mm Y = 6.284,81 mm Z = 17.968,41 mm

#### 4.4.1.2 *Chevron Belt*

*Belt* berfungsi untuk menerima transfer energi gerak dari *Pulley* yang berputar, kemudian *Belt* akan mengangkut material dari ujung suatu konstruksi *belt conveyor* ke ujung lainnya. Berikut ini adalah *belt* dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass propertiesnya*.



**Gambar 4.14** *Chevron Belt*

Mass properties of Belt Only 2		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
Density = 0.00 grams per cubic millimeter		
Mass = 369960.50 grams		
Volume = 369960502.43 cubic millimeters		
Surface area = 77059954.92 square millimeters		
Center of mass: ( millimeters )		
X = 0.06		
Y = 4087.61		
Z = -15282.88		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass.		
Ix = ( 0.00, -0.25, 0.97 )	Px = 24169783744.71	
Iy = ( 0.00, -0.97, -0.25 )	Py = 31987850041654.40	
Iz = ( 1.00, 0.00, 0.00 )	Pz = 31994182781531.67	
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 31994182779805.84	Lxy = 56667201.71	Lxz = -215667707.61
Lyx = 56667201.71	Lyy = 29997159620271.04	Lyz = -7724438087641.86
Lzx = -215667707.61	Lzy = -7724438087641.86	Lzz = 2014860206854.00
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 124586027973815.36	lxy = 140943119.39	lxz = -530761118.87
lyx = 140943119.39	lyy = 116407502118372.61	lyz = -30836031827549.26
lzx = -530761118.87	lzy = -30836031827549.26	lzz = 8196362905059.93

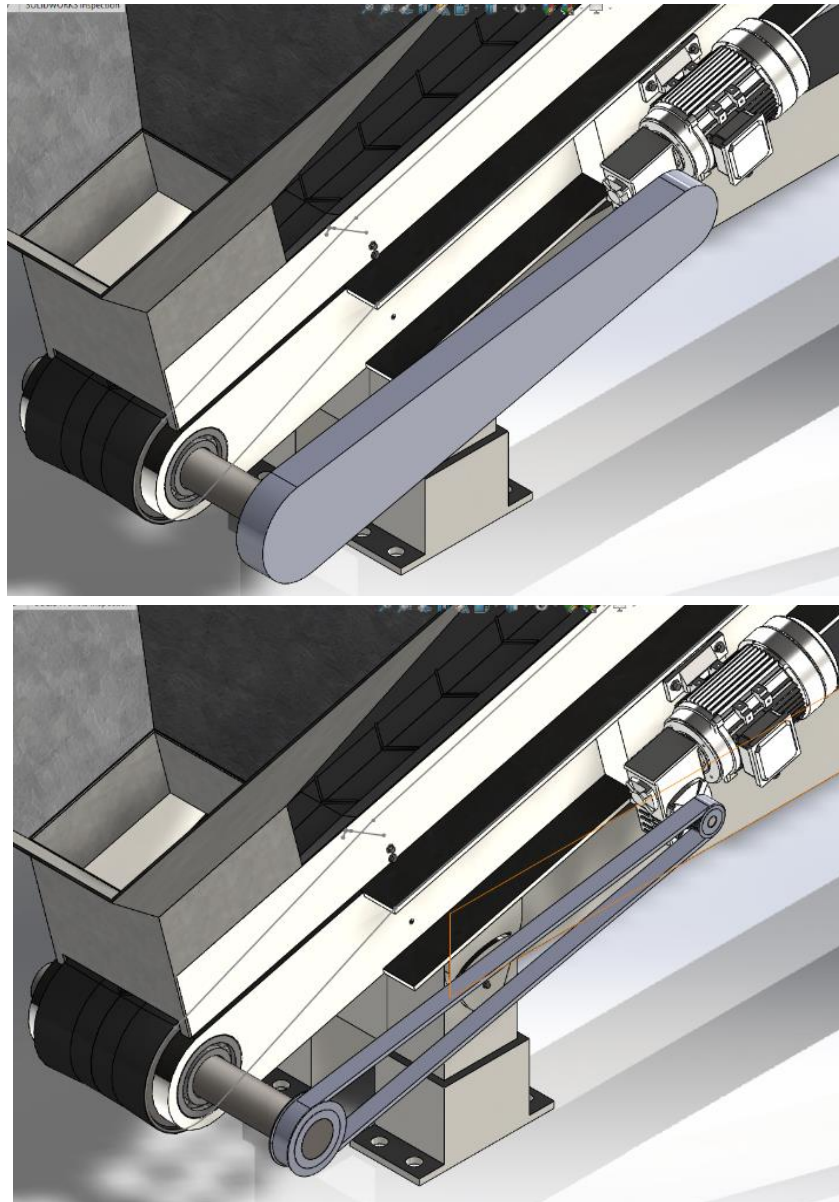
**Gambar 4.15** *Mass Properties Belt*

Jenis material	: <i>Rubber</i> yang di dalamnya berisi serat baja
Massa jenis	: 0 gr/mm <sup>3</sup>
Massa benda	: 369.960,5 gr
Volume	: 369960502,43 mm <sup>3</sup>
<i>Surface area</i>	: 77059954,92 mm <sup>2</sup>
<i>Center of Mass</i>	: X = 0,06 mm
	Y = 4.087,61 mm
	Z = -15.282,88 mm

#### 4.4.1.3 Motor Penggerak beserta Transmisi

Satu buah motor penggerak dengan pengaturan transmisi yang disesuaikan akan digunakan untuk menggerakkan sistem pada *belt* conveyor. Ketika motor penggerak digerakkan, transmisi akan mengkonversi dari daya menjadi gerakan, yang kemudian akan menggerakkan mulai dari satu *roller* ke *roller* yang lainnya, *roller-roller* pada *roller conveyor* itu terhubung satu sama lain.

Berikut ini adalah desain dari motor penggerak beserta transmisinya beserta nilai *mass properties*nya.



**Gambar 4.16** Motor Penggerak beserta Transmisi Berupa *Pulley*

```

Mass properties of Motor Penggerak beserta Transmisi
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Mass = 920984.05 grams

Volume = 146207163.70 cubic millimeters

Surface area = 9223389.02 square millimeters

Center of mass: ( millimeters )
X = 14813.15
Y = 3709.61
Z = 34327.32

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass.
Ix = (-0.29, -0.23, 0.93) Px = 59161864326.91
Iy = ( 0.96, -0.08, 0.28) Py = 791471178148.41
Iz = ( 0.01, 0.97, 0.25) Pz = 831040243847.15

Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation)
Lxx = 730693453462.42 Lxy = 48388588392.98 Lxz = -196160475142.14
Lyx = 48388588392.98 Lyy = 789234417442.82 Lyz = -167254889191.39
Lzx = -196160475142.14 Lzy = -167254889191.39 Lzz = 161745415417.23

Moments of inertia: ( grams * square millimeters )
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)
Ixx = 1098659982763959.50 Ixy = 50657353287492.45 Ixz = 468120411898561.94
Iyx = 50657353287492.45 Iyy = 1288135741715571.50 Iyz = 117111651165881.14
Izx = 468120411898561.94 Izy = 117111651165881.14 Izz = 214926620806698.75

One or more components have overridden mass properties:
bearing v1<3><Default>
bearing v1<4><Default>

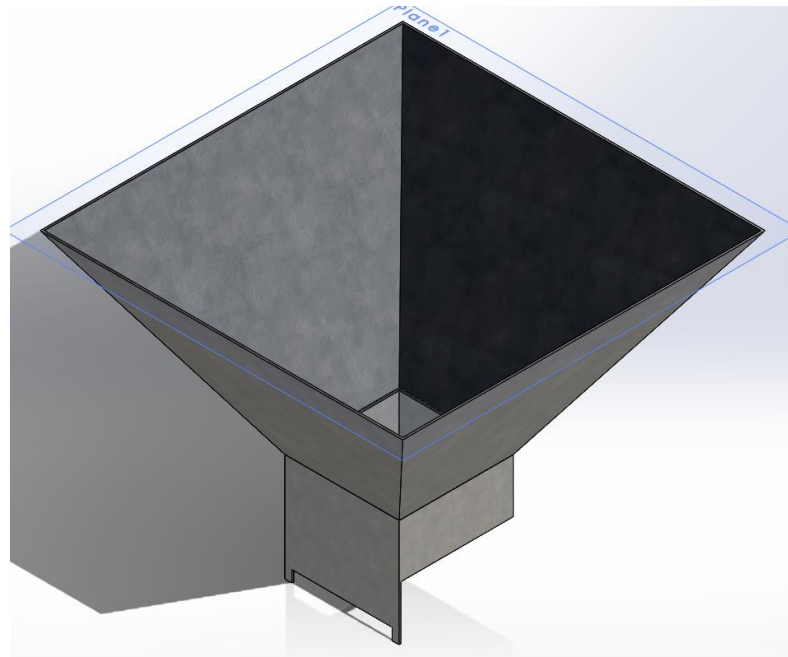
```

**Gambar 4.17** *Mass Properties* Motor Penggerak beserta Transmisi Berupa *Pulley*

Massa benda	: 920.984,05 gr
Volume	: 146.207.163,70 mm <sup>3</sup>
Surface area	: 9.223.389,02 mm <sup>2</sup>
Center of Mass	: X = 14813,15 mm
	Y = 3.709,61 mm
	Z = 34327,32 mm

#### 4.4.1.4 Hopper

*Hopper* atau biasa disebut juga *transfer chute* adalah sebuah corong yang terletak di bagian paling depan *belt conveyor* yang berfungsi untuk memuat material curah dari truck ataupun dari *crane*. Berikut ini adalah desain *hopper* dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass propertiesnya*.



**Gambar 4.18 Hopper**

Mass properties of Hopper 3		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
Density = 0.01 grams per cubic millimeter		
Mass = 603138.35 grams		
Volume = 76637655.25 cubic millimeters		
Surface area = 15505336.83 square millimeters		
Center of mass: ( millimeters )		
X = -3.51		
Y = 835.95		
Z = 9.84		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass.		
lx = (-0.07, -0.04, 1.00)	Px = 291756880247.28	
ly = ( 1.00, 0.01, 0.07)	Py = 292735467531.31	
lz = (-0.01, 1.00, 0.04)	Pz = 401483298164.61	
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 292737756025.50	Lxy = 883431115.44	Lxz = -32169962.52
Lyx = 883431115.44	Lyx = 401287715276.30	Lyz = -4543024817.64
Lzx = -32169962.52	Lzy = -4543024817.64	Lzz = 291950174641.41
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 714281399356.62	lxy = -887535333.26	lxz = -53021886.67
lyx = -887535333.26	lyy = 401353588826.48	lyz = 419676566.43
lzx = -53021886.67	lzy = 419676566.43	lzz = 713442826662.97

**Gambar 4.19 Mass Properties Hopper**

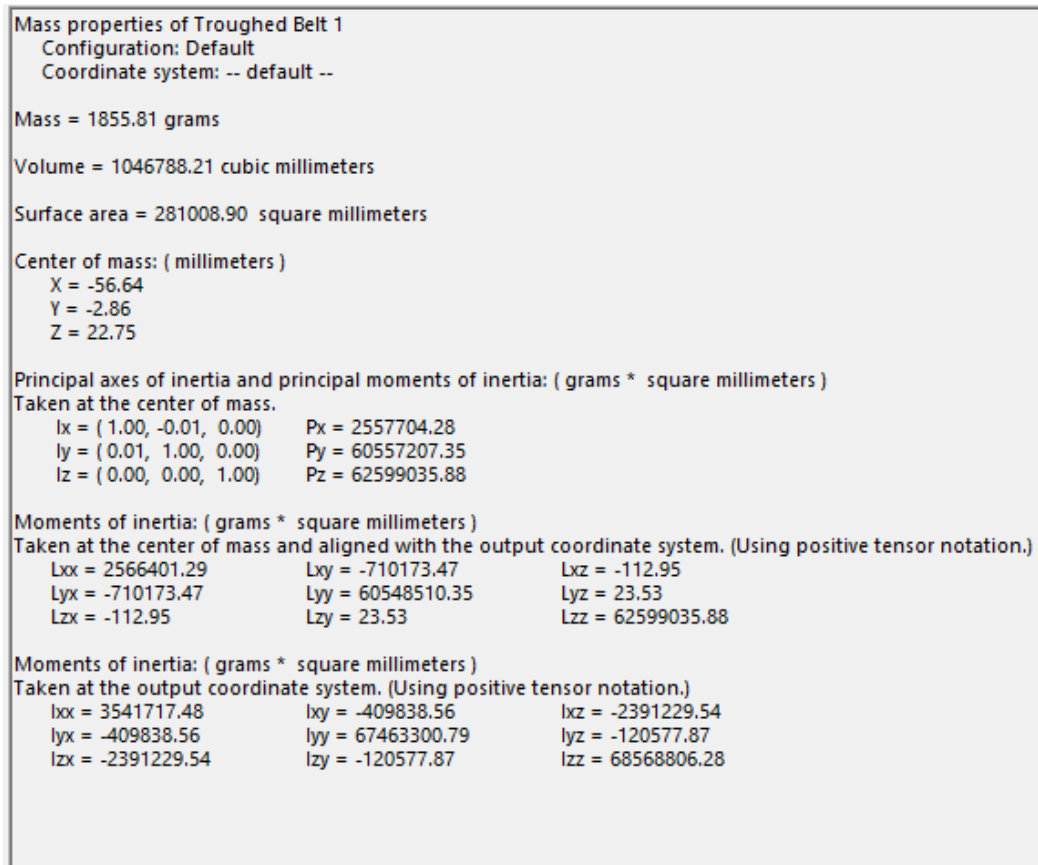
Jenis material	: <i>Galvanized Steel</i>
Massa jenis	: 0,01 gr/mm <sup>3</sup>
Massa benda	: 603.138,35 gr
Volume	: 76.637.655,25 mm <sup>3</sup>
Surface area	: 15.505.336,83 mm <sup>2</sup>
Center of Mass	: X = -3,51 mm
	Y = 835,95 mm
	Z = 9,84 mm

#### 4.4.1.5 *Carrying Idler 1/Troughed Roller 1*

*Carrying Idler* atau disebut juga *troughed roller* yang kedua ini berfungsi untuk menyangga *belt* yang membawa muatan material. *Troughed roller* yang pertama ini sudutnya tidak lebih cembung daripada *troughed roller* yang kedua, dikarenakan agar terjadi transisi yang baik dengan *head* atau *tail pulley* dan tidak menyebabkan *belt* cepat aus atau terjadi *crack*. Berikut ini adalah desain *troughed roller* yang pertama dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass propertiesnya*.



**Gambar 4.20** *Carrying Idler 1/Troughed Roller 1*



**Gambar 4.21** *Mass Properties Carrying Idler/Troughed Roller 1*

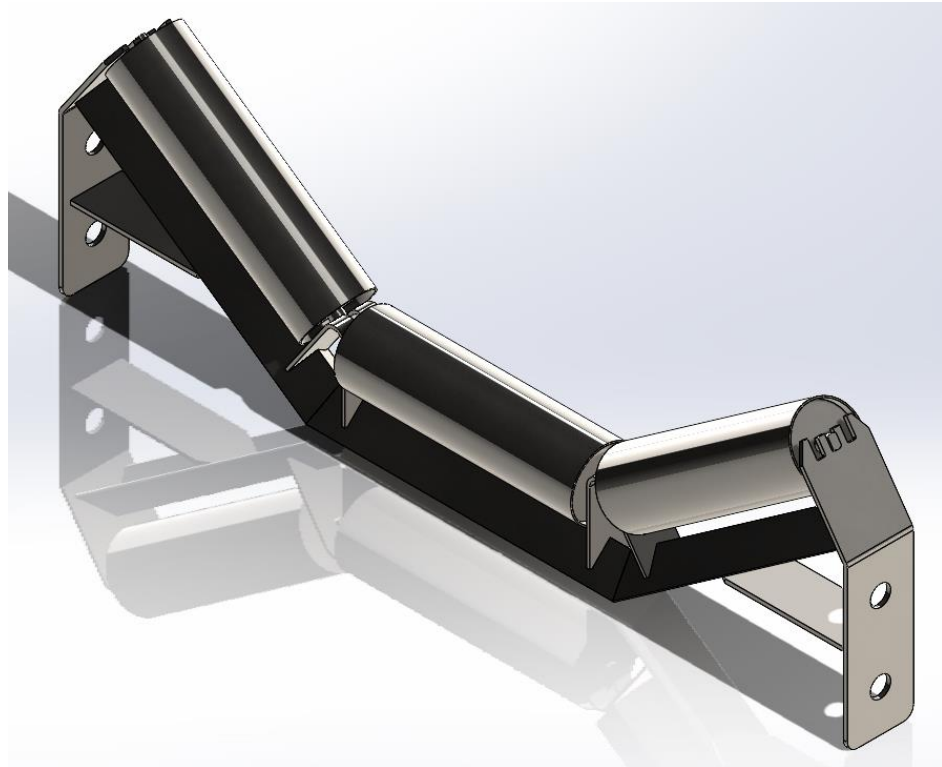
Jenis material	: Alloy Steel (SS)
Massa benda	: 1.855,81 gr
Volume	: 1.046.788,21 mm <sup>3</sup>
Surface area	: 281.008,9 mm <sup>2</sup>
Center of Mass	: X = -56,64 mm
	Y = -2,66 mm
	Z = 22,75 mm

#### 4.4.1.6 Carrying Idler 2/Troughed Roller 2

*Carrying Idler* atau disebut juga *troughed roller* yang kedua ini berfungsi untuk menyangga *belt* yang membawa muatan material. *Troughed roller* yang kedua ini sudutnya lebih cembung daripada *troughed roller* yang pertama, dikarenakan agar tidak adanya material yang terbuang. Berikut ini adalah desain



*troughed roller* yang kedua dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass propertiesnya*.



**Gambar 4.22** *Carrying Idler 2/Troughed Roller 2*

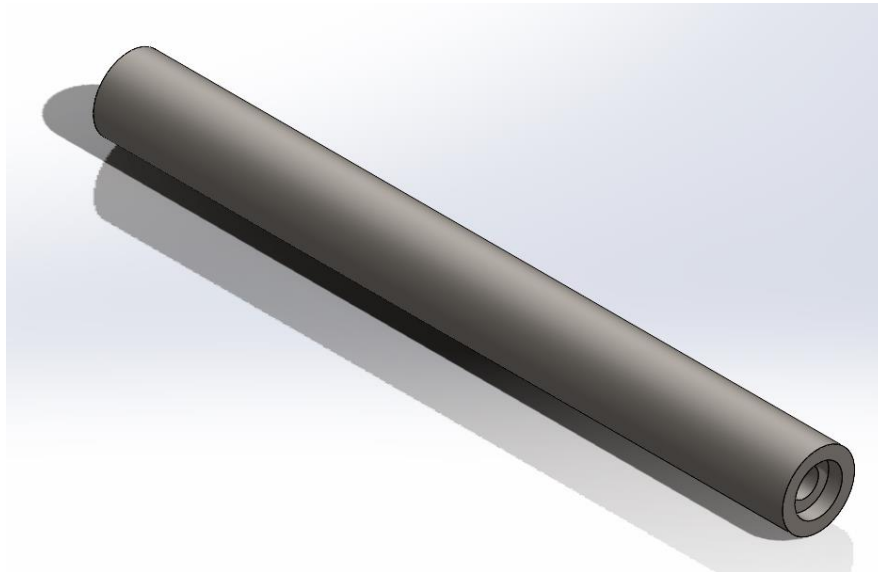
Mass properties of Trough idler 2		
Configuration: Default		
Coordinate system: -- default --		
* Includes the mass properties of one or more hidden components/bodies.		
Density = 0.01 grams per cubic millimeter		
Mass = 3392.79 grams		
Volume = 440621.59 cubic millimeters		
Surface area = 457172.17 square millimeters		
Center of mass: ( millimeters )		
X = 105.31		
Y = 26.96		
Z = 12.87		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass.		
lx = ( 1.00, 0.03, 0.00)	Px = 8353898.91	
ly = (-0.03, 1.00, 0.02)	Py = 136383167.20	
lz = ( 0.00, -0.02, 1.00)	Pz = 143358040.16	
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 8465488.30	Lxy = 3739694.12	Lxz = 548321.99
Lyx = 3739694.12	Lyy = 136276426.39	Lyz = 150405.67
Lzx = 548321.99	Lzy = 150405.67	Lzz = 143353191.58
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 11493072.46	lxy = 13371819.45	lxz = 5146368.53
lyx = 13371819.45	lyy = 174465623.74	lyz = 1327448.40
lzx = 5146368.53	lzy = 1327448.40	lzz = 183446213.37

**Gambar 4.23** *Mass Properties dari Troughed Roller 2*

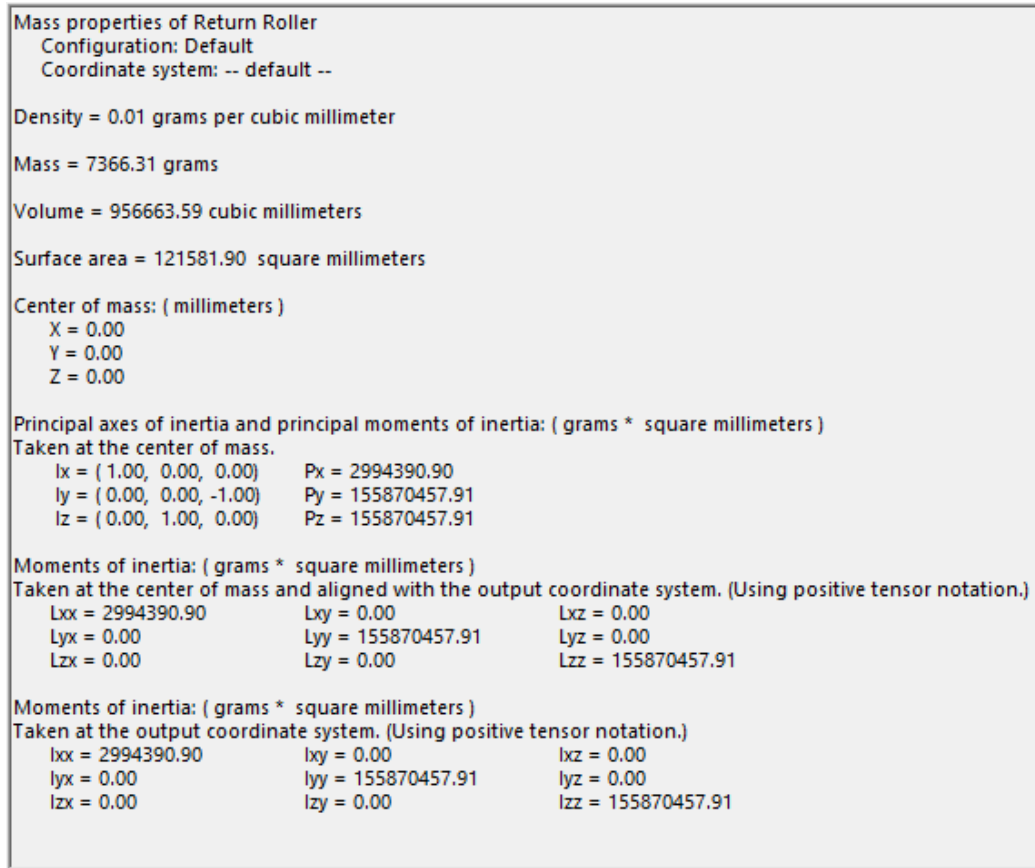
Jenis material	: Alloy Steel (SS)
Massa jenis	: 0,01 gr/mm <sup>3</sup>
Massa benda	: 3392,79 gr
Volume	: 440.621,59 mm <sup>3</sup>
Surface area	: 457.172,17 mm <sup>2</sup>
Center of Mass	: X = 105,31 mm Y = 26,96 mm Z = 12,87 mm

#### 4.4.1.7 Return Roller

*Return Idlers* ini berfungsi untuk menyangga *Belt* dengan muatan kosong serta terletak pada bagian bawah *Carrying Idler* dan untuk mengembalikan *belt* ke atas kembali ke posisi *troughed roller*. Berikut ini adalah desain *return roller* yang pertama dari *belt conveyornya* beserta nilai *mass properties*nya.



**Gambar 4.24** *Return Roller*

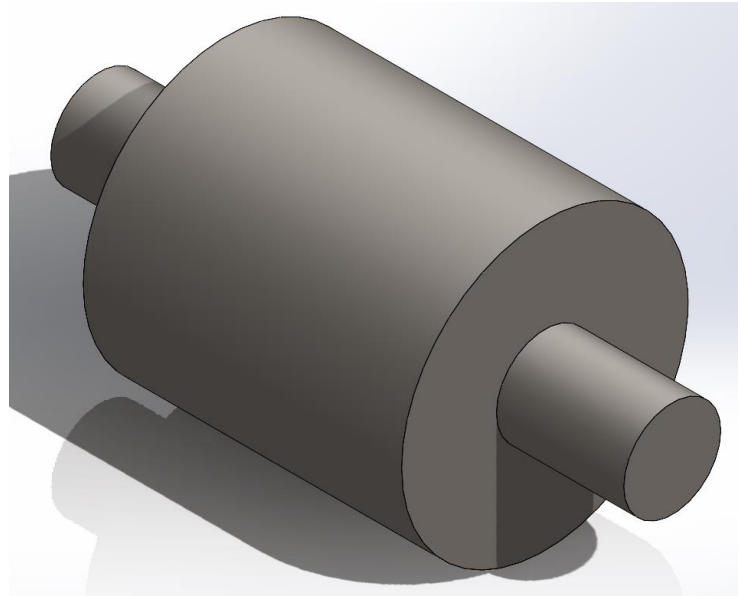


**Gambar 4.25** *Mass Properties* dari *Return Roller*

Jenis material	: <i>Alloy Steel (SS)</i>
Massa jenis	: 0,01 gr/mm <sup>3</sup>
Massa benda	: 7.366,31 gr
Volume	: 956.663,59 mm <sup>3</sup>
<i>Surface area</i>	: 121.581,90 mm <sup>2</sup>
<i>Center of Mass</i>	: X = 0 mm
	Y = 0 mm
	Z = 0 mm

#### 4.4.1.8 *Head dan Tail Pulley*

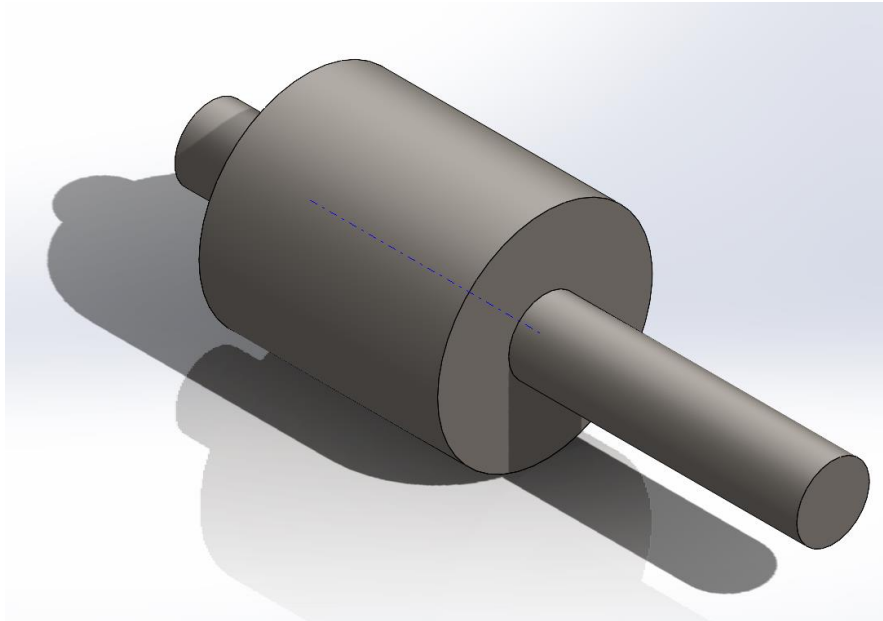
*Head Pulley* berfungsi untuk menyalurkan energi gerak putar pada *Belt* sehingga belt bergerak sebagaimana mestinya. Sedangkan, *Tail Pulley* ini berfungsi untuk menyalurkan energi gerak putar dengan arah gerakan *belt* membalik ke *return roller*.



**Gambar 4.26** *Tail Pulley*

<p>Mass properties of Conveyor Roller Keyway          Configuration: Default          Coordinate system: -- default --</p>		
<p>Density = 0.01 grams per cubic millimeter</p>		
<p>Mass = 668499.78 grams</p>		
<p>Volume = 86818151.74 cubic millimeters</p>		
<p>Surface area = 1216456.09 square millimeters</p>		
<p>Center of mass: ( millimeters )</p>		
<p>X = 0.00</p>		
<p>Y = 0.00</p>		
<p>Z = 0.00</p>		
<p>Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )</p>		
<p>Taken at the center of mass.</p>		
lx = ( 1.00, 0.00, 0.00)	Px = 15662363796.88	
ly = ( 0.00, 0.00, -1.00)	Py = 27657551865.69	
lz = ( 0.00, 1.00, 0.00)	Pz = 27657551865.69	
<p>Moments of inertia: ( grams * square millimeters )</p>		
<p>Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)</p>		
Lxx = 15662363796.88	Lxy = 0.00	Lxz = 0.00
Lyx = 0.00	Lyy = 27657551865.69	Lyz = 0.00
Lzx = 0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 27657551865.69
<p>Moments of inertia: ( grams * square millimeters )</p>		
<p>Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)</p>		
lxx = 15662363796.88	lxy = 0.00	lxz = 0.00
lyx = 0.00	lyy = 27657551865.69	lyz = 0.00
lzx = 0.00	lzy = 0.00	lzz = 27657551865.69

**Gambar 4.27** *Mass Properties dari Tail Pulley*



**Gambar 4.28** *Head Pulley*

Mass properties of Conveyor Roller Keyway Configuration: Default Coordinate system: -- default --		
Density = 0.01 grams per cubic millimeter		
Mass = 725197.59 grams		
Volume = 94181503.22 cubic millimeters		
Surface area = 1409719.91 square millimeters		
Center of mass: ( millimeters )		
X = 50.96		
Y = 0.00		
Z = 0.00		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass.		
ix = ( 1.00, 0.00, 0.00)	Px = 15826970004.81	
iy = ( 0.00, 0.00, -1.00)	Py = 50716210833.00	
iz = ( 0.00, 1.00, 0.00)	Pz = 50716210833.00	
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
Lxx = 15826970004.81	Lxy = 0.00	Lxz = 0.00
Lyx = 0.00	Lyy = 50716210833.00	Lyz = 0.00
Lzx = 0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 50716210833.00
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)		
lxx = 15826970004.81	lxy = 0.00	lxz = 0.00
lyx = 0.00	lyy = 52599620806.12	lyz = 0.00
lzx = 0.00	lzy = 0.00	lzz = 52599620806.12

**Gambar 4.29** *Mass Properties dari Head Pulley*

Jenis material	: Alloy Steel (SS)
Massa jenis	: 0,01 gr/mm <sup>3</sup>
Massa benda	: 668.499,78 gr
Volume	: 86.818.151,74 mm <sup>3</sup>
Surface area	: 1.216.456,09 mm <sup>2</sup>
Center of Mass	: X = 0 mm
	Y = 0 mm
	Z = 0 mm

#### 4.4.2 Menghitung Beban yang Akan Bekerja pada Simulasi per Satu Kali *Belt Conveyor* Berjalan

Setelah ditentukan *mass properties* pada sistem *belt conveyor* dari masing-masing komponen, kemudian harus ditentukan beban yang akan bekerja pada simulasi per satu kali *belt conveyor* berjalan. Seperti yang telah diketahui, kapasitas dari *belt conveyornya* itu sebesar 16,7 ton/jam. Namun, untuk simulasi kali ini akan ditentukan per satu kali *belt conveyor* berjalan. Berikut ini adalah perhitungannya:

$$16,7 \text{ ton/jam} = 0,004638 \text{ ton/s}$$

$$\text{Kecepatan } \textit{belt conveyor} = 2,54 \text{ m/s}$$

$$\text{Jarak } \textit{belt conveyor} = 32,035 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari } \textit{head pulley} \text{ dan } \textit{tail pulley} = 450 \text{ mm}$$

Kecepatan sudut *belt conveyor*

$$V = \omega \cdot R$$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

$$\omega = \frac{2,54}{450} = 0,00564 \text{ rad/s}$$

Waktu tempuh *belt conveyor* untuk satu kali pengangkutan

$$S = v \cdot t \dots \dots \dots (4.1)$$

$$T = \frac{s}{v} \dots \dots \dots (4.2)$$

$$T = \frac{32,035}{2,54} = 12,612 \text{ s}$$

Nilai massa yang akan bekerja pada simulasi per satu kali *belt conveyor* berjalan

$$\begin{aligned} T \times Q &= 12,612 \text{ s} \times 0,004638 \text{ ton/s} \\ &= 0,585 \text{ Ton} = 5.828,95 \text{ Newton} \end{aligned}$$

#### 4.4.3 Menghitung Pembuktian Kecepatan dari Tabel Rekomendasi berdasarkan Nilai Putaran

Setelah dilakukan penghitungan beban yang akan bekerja pada simulasi per satu kali *belt conveyor* berjalan. Kemudian, harus dihitung kecepatannya berdasarkan nilai putaran. Berikut ini adalah rumus dan perhitungannya.

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{3600} \dots\dots\dots(4.3)$$

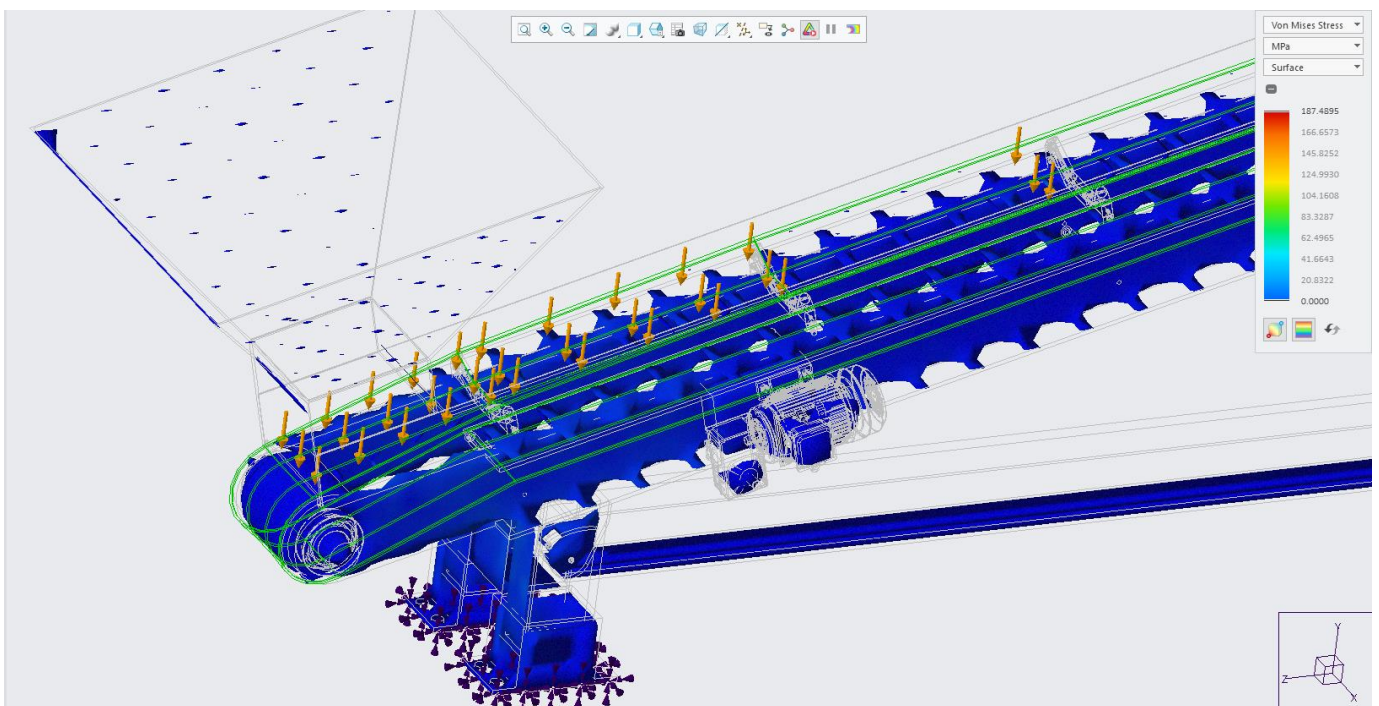
$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1500}{3600} = 2,61 \text{ m/s}$$

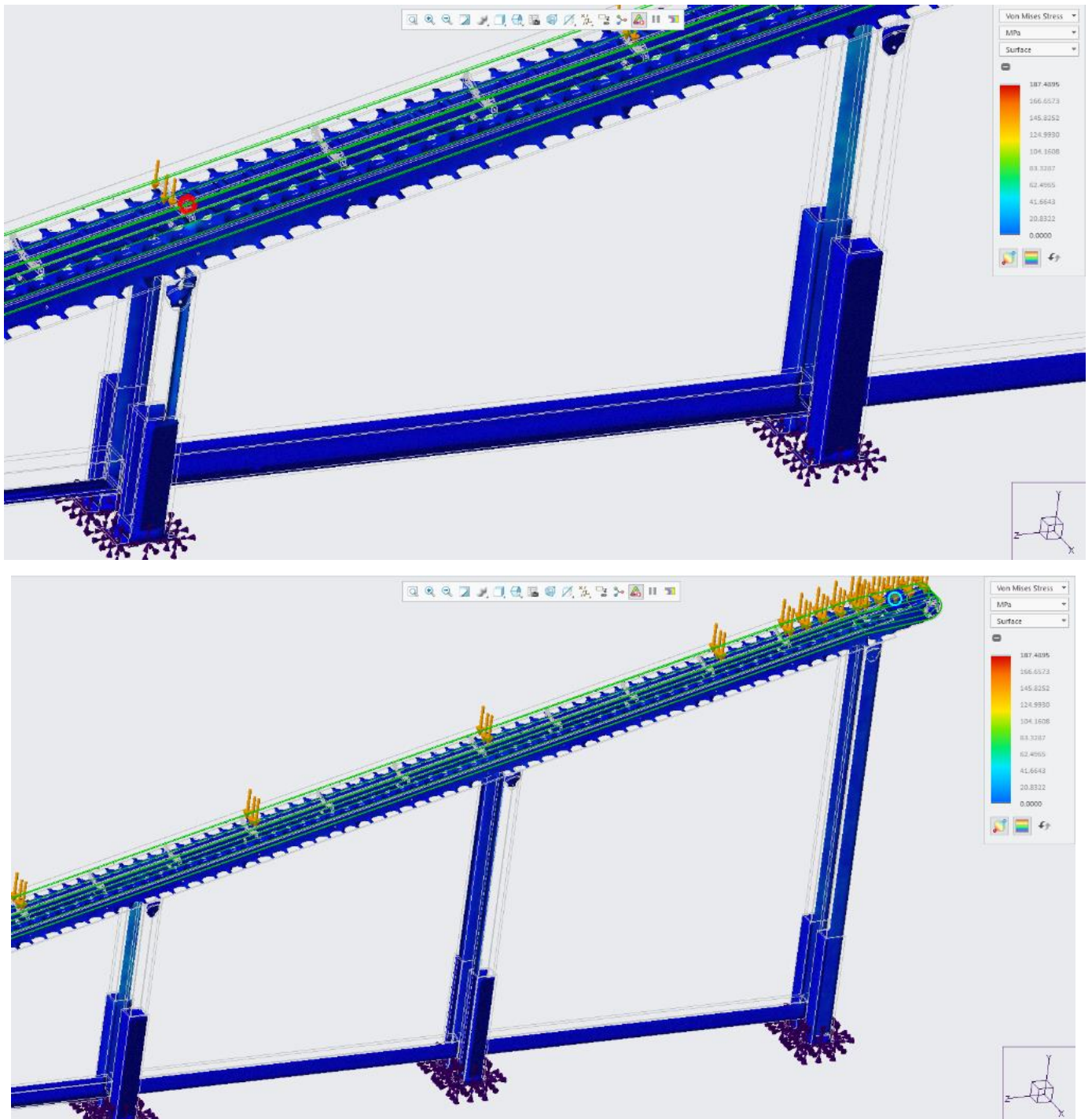
Berdasarkan tabel yang direkomendasikan yang nilai kecepatannya adalah 2,54 m/s. Maka, nilai kecepatannya sudah melebihi yang direkomendasikan, yaitu sebesar 2,61 m/s.

#### 4.4.4 Hasil Simulasi Pembebanan Statis pada Sistem *Belt Conveyor*

Setelah ditentukan berapa nilai beban yang bekerja pada sistem *belt conveyor* dari masing-masing komponen, Langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai dari berat dan material ke dalam software PTC CREO dan kemudian dilakukan pembebanan statis. Berikut ini adalah gambar hasil dari simulasinya.

##### 4.4.3.1 Hasil Simulasi Tegangan (*Stress*)





**Gambar 4.30** Hasil Distribusi Tegangan pada Sistem *Belt Conveyor*

Berdasarkan simulasi yang dilakukan di atas, dapat dilihat bahwa angka dan warna tegangannya menunjukkan aman yaitu berkisar antara 0 MPa sampai dengan 20,8322 MPa dan ditandai dengan warna biru tua hingga hijau muda, sedangkan warna biru muda hingga merah yang terjadi pada tengah-tengah rangka



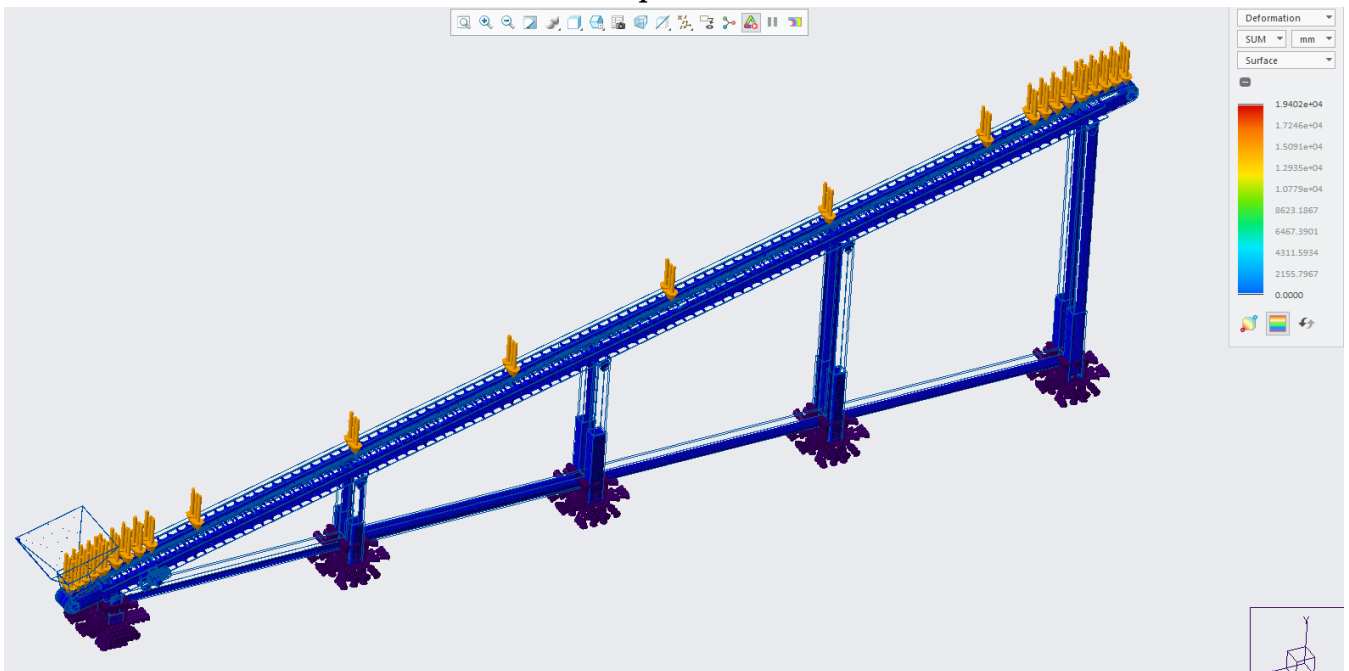
dengan kisaran tegangan sebesar 0 MPa sampai dengan 62,4965 MPa. Tegangan maksimalnya adalah 62,4965 MPa, nilai *yield strength* maksimumnya adalah 187,4895 MPa dan dari data tegangan dan simulasi di atas, dapat dihitung nilai *safety factornya* sebagai berikut,

$$k = \frac{\sigma_y}{\sigma_w} \dots \dots \dots (4.4)$$

$$k = \frac{\sigma_y}{\sigma_w} = \frac{187,4895 \text{ MPa}}{62,4965 \text{ MPa}} = 3$$

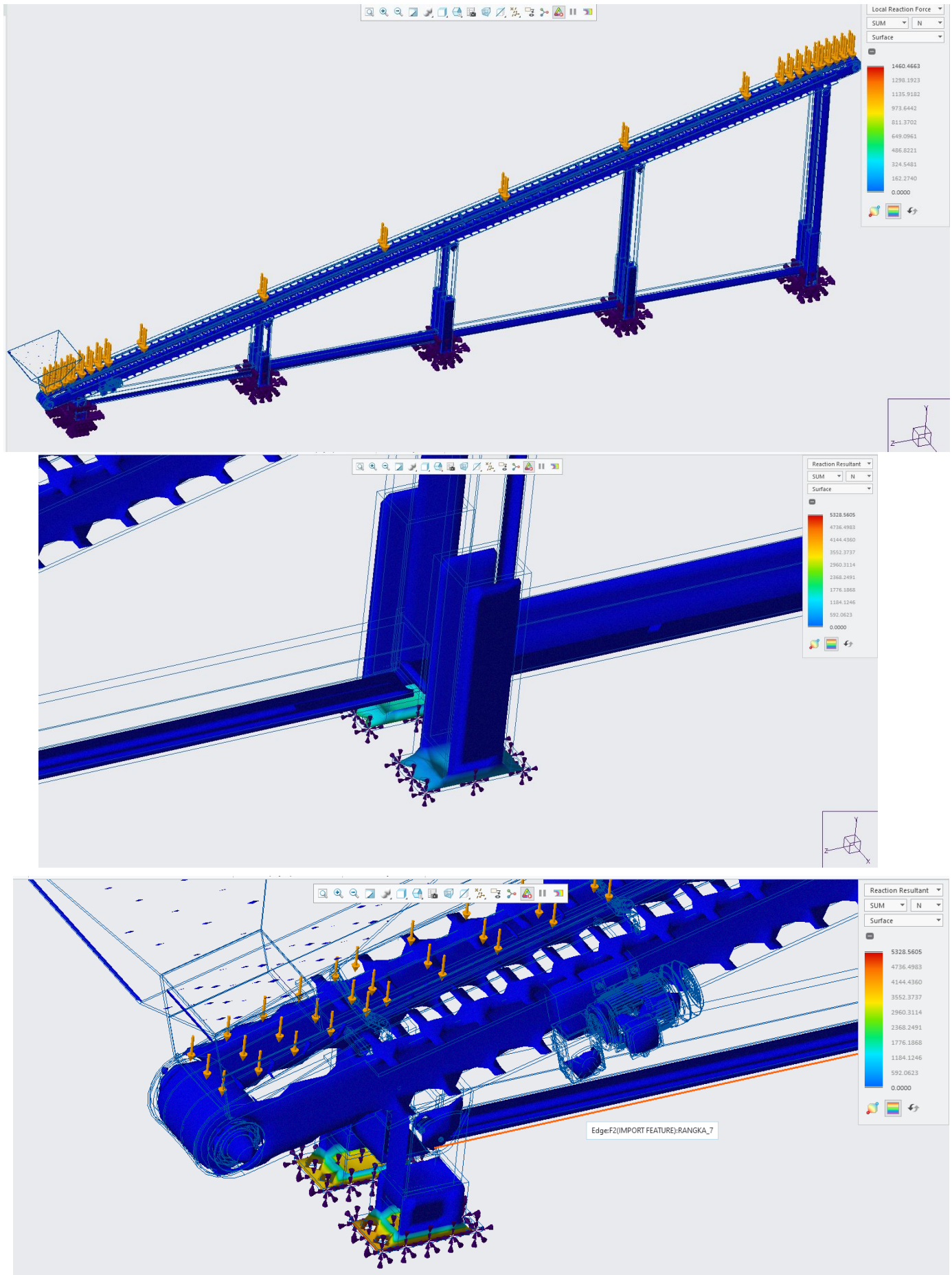
Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan di atas dapat disimpulkan bahwa rancangan poros dinilai sudah aman.

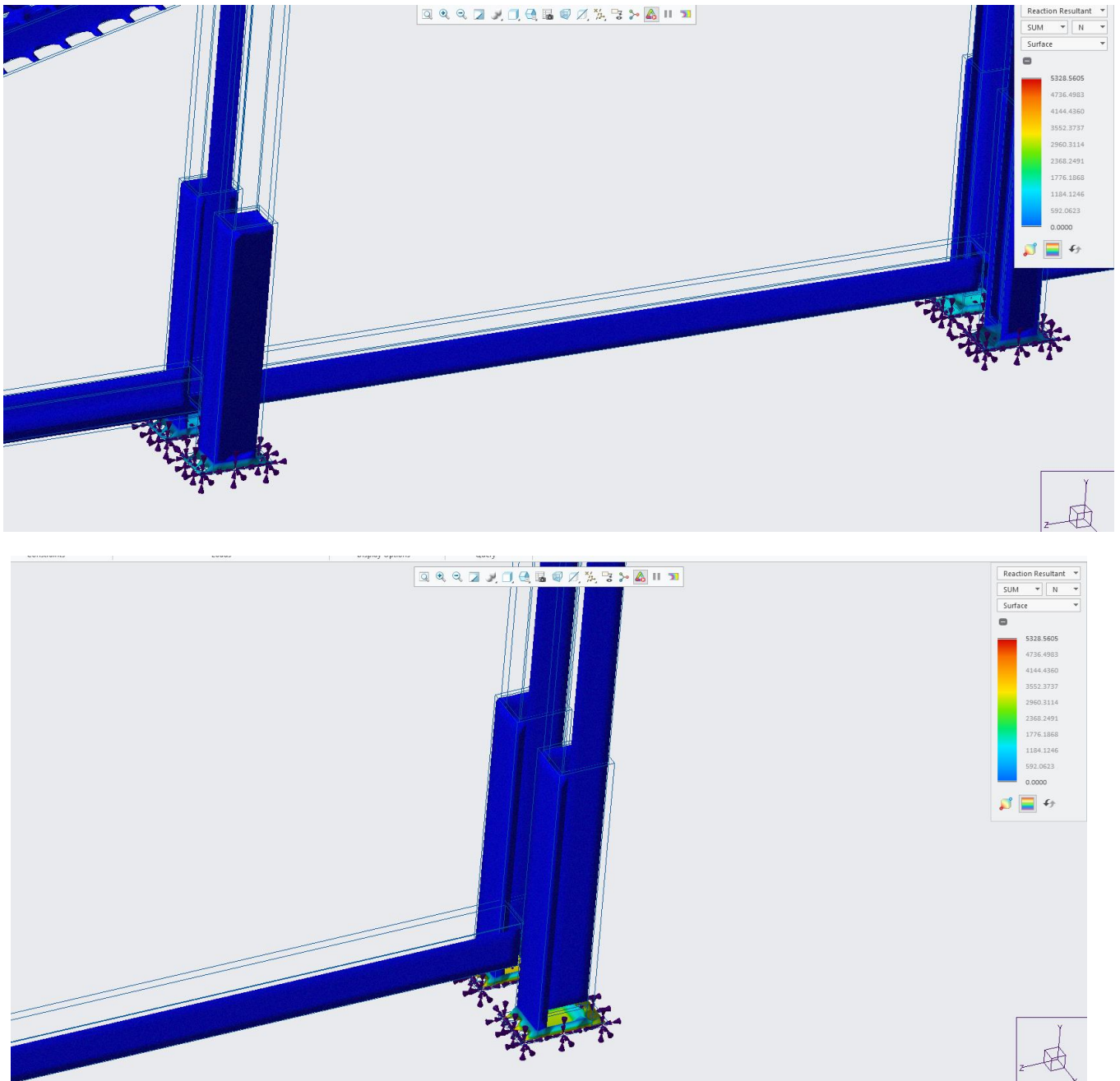
#### 4.4.3.2 Hasil Simulasi *Displacement*



**Gambar 4.31** Hasil Simulasi *Displacement*

#### 4.4.3.3 Hasil Simulasi Regangan (Strain)

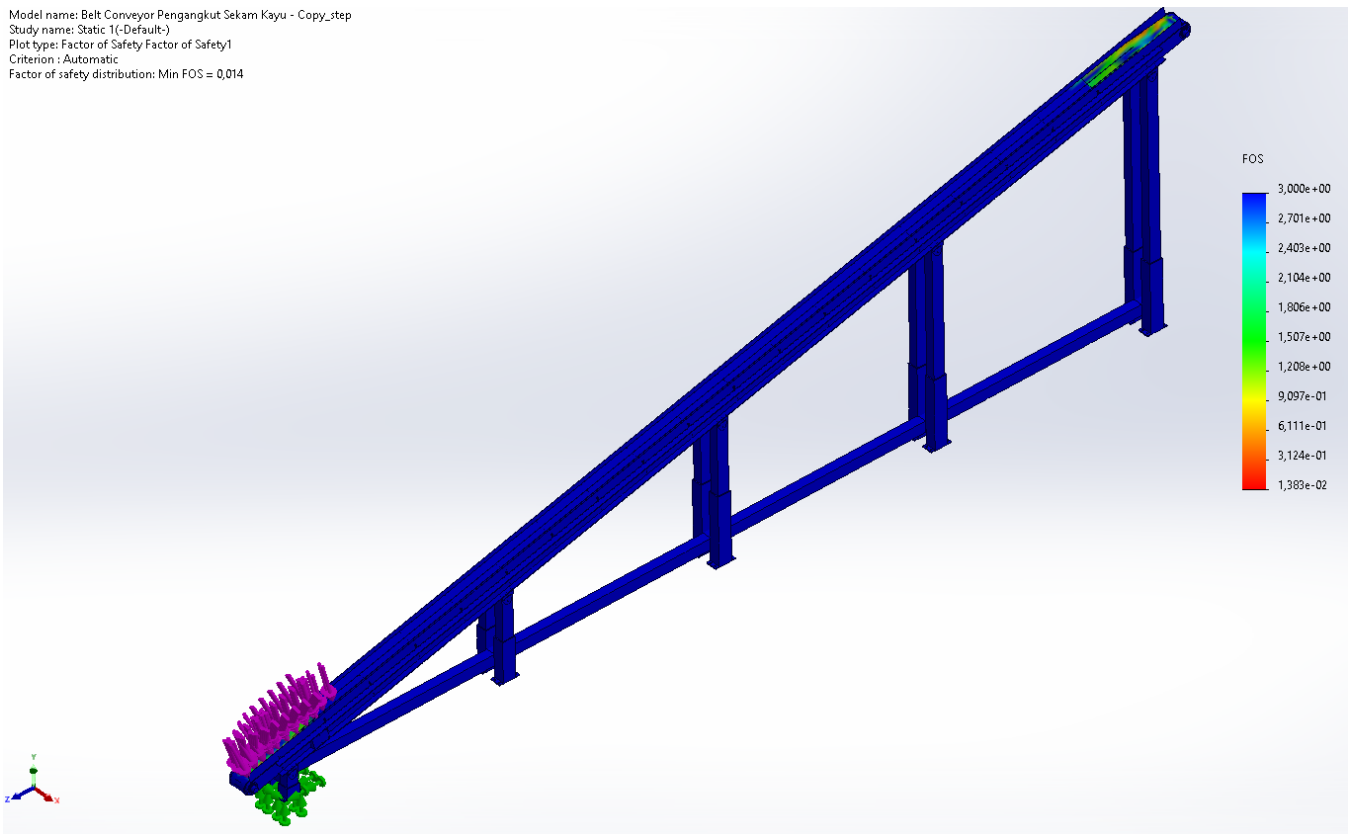




**Gambar 4.32** Hasil Simulasi Regangan pada Sistem *Belt Conveyor*

#### 4.4.3.4 Hasil Simulasi *Safety Factor*

Model name: Belt Conveyor Pengangkut Sekam Kayu - Copy\_step  
 Study name: Static 1(-Default-)  
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
 Criterion : Automatic  
 Factor of safety distribution: Min FOS = 0,014



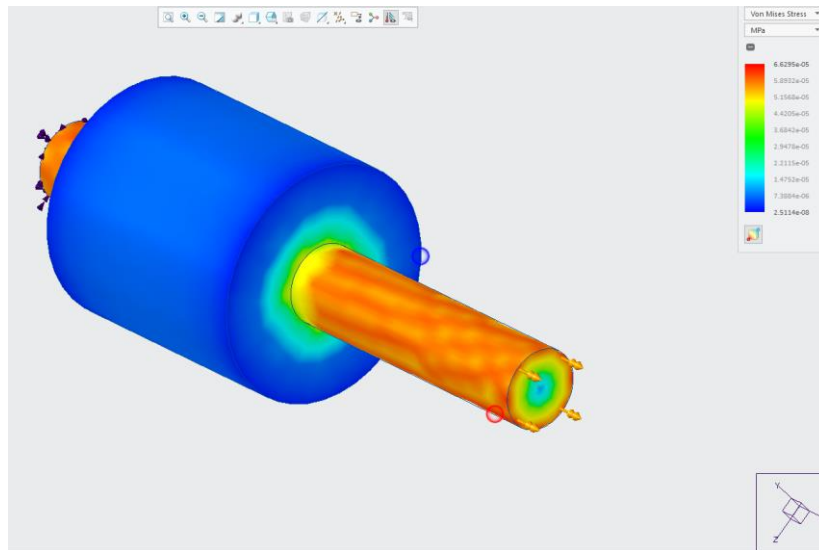
**Gambar 4.33** *Safety Factor*

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan di atas dapat disimpulkan bahwa rancangan poros dinilai sudah aman.

#### 4.4.4 Hasil Simulasi Pembebanan Puntir pada Poros

Setelah dilakukan simulasi pembebanan statis pada sistem *Belt Conveyor*, langkah selanjutnya adalah simulasi pembebanan puntir pada poros. Pertama-tama, memasukkan nilai dari berat dan material ke dalam software PTC CREO, lalu memasukkan nilai rpm yang akan dijalankan pada dan kemudian dilakukan pembebanan puntir. Berikut ini adalah gambar hasil dari simulasinya.

#### 4.4.4.1 Hasil Simulasi Tegangan (*Stress*)



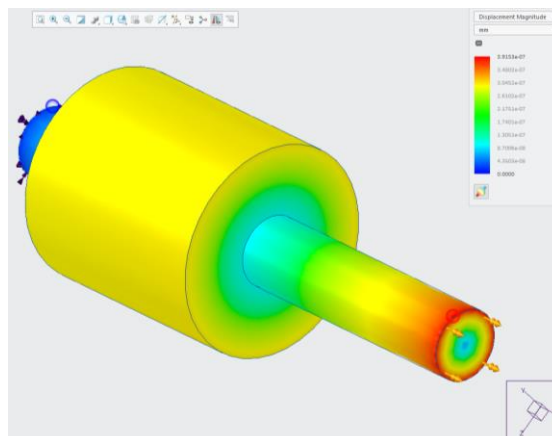
**Gambar 4.34** Hasil Distribusi Tegangan pada Poros

Berdasarkan hasil simulasi di atas, tegangan maksimal yang terjadi pada poros ini sudah merata dengan nilai sebesar  $5,8932 \times 10^{-5}$  MPa di dekat momen puntir poros dan  $2,511 \times 10^{-8}$  MPa pada bagian *pulleynya*. Berikut ini adalah perhitungan nilai faktor keamanan dari poros.

$$k = \frac{\sigma_y}{\sigma_w} = \frac{6,6295 \times 10^{-5} \text{ MPa}}{5,8932 \times 10^{-5} \text{ MPa}} = 1,125$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa rancangan poros dinilai sudah aman.

#### 4.4.4.2 Hasil Simulasi *Displacement*



**Gambar 4.35** Hasil Simulasi *Displacement*






#### 4.5 Menghitung Kebutuhan *Belt Conveyor*

Sistem *Belt Conveyor* yang akan dirancang adalah *Belt Conveyor* bertipe *Troughed Belt* dengan spesifikasi yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Menggunakan *belt conveyor* berkapasitas 16,7 ton/jam.
2. Panjang dari tempat *unloading* sekam kayu ke *hopper*nya 31,02 m.
3. Perbedaan ketinggian dari biomassa serbuk kayu menuju ke tempat pencampuran biomassa serbuk kayu dan batubara: 8 m.
4. Material curah yang akan diangkut menggunakan *belt conveyor* yang akan dirancang ini adalah biomassa serbuk kayu.
5. Kecepatan *belt* nya adalah 2,54 m/s atau 500 fpm
6. Kondisi pengoperasiannya berada di luar ruangan yaitu dari tempat penumpukan batubara sampai dengan tempat pencampuran antara biomassa serbuk kayu dan batubara.

Menurut CEMA (2002), sebelum menghitung komponen-komponen yang dibutuhkan dari *belt conveyor*, maka dicari dulu spesifikasi material yang akan diangkut. Di bawah ini adalah tabel untuk menentukan *angle of surcharge* dan *angle of repose* yang direkomendasikan dari material yang akan dialirkan melalui *belt conveyor*.

**Tabel 4.7** Menentukan *Angle of Surcharge* dan *Angle of Repose* dari Material yang Akan Dialirkan Melalui *Belt Conveyor* (CEMA, 2007)

<b>Arus pada <i>Belt Conveyor</i></b>				
Arus berjalan dengan sangat bebas $1^\circ$	Arus berjalan bebas $2^\circ$	Arus berjalan rata-rata $3^\circ$		Lamban $4^\circ$
<b><i>Angle of Surcharge</i></b>				
$5^\circ$	$10^\circ$	$20^\circ$	$25^\circ$	$30^\circ$
				

<i>Angle of Repose</i>				
0-19°	20-25°	30-34°	35-39°	40° - up
<b>Karakteristik Material</b>				
Ukurannya seragam, partikel berbentuk bulat dan berukuran sangat kecil, baik itu basah maupun kering, seperti pasir, silikon kering, semen, beton basah dan sebagainya.	Partikel yang dikeringkan, berbentuk bulat, dengan berat sedang, contohnya seperti biji-bijian dan kacang-kacangan.	Material yang mengalir tidak beraturan, berbentuk butiran atau menggumpal dengan berat sedang, seperti batu bara antrasit, tepung biji kapas, serbuk kayu, tanah liat dan sebagainya.	Material-material umum seperti batu bara bitumen, batu, sebagian besar bijih, dan sebagainya.	Material yang tidak beraturan, berserabut, berserat, dan partikelnya saling mengunci, seperti ampas tebu, pengecoran logam, pasir, dan sebagainya.

Sedangkan, tabel di bawah ini adalah tabel untuk menentukan karakteristik material serta kode materialnya.

**Tabel 4.8** Karakteristik Material serta Kode Materialnya

	<b>Karakteristik Material</b>	<b>Kode</b>
	<b>Ukuran</b>	Sangat halus – 100 mesh dan dibawah itu
Halus – 1/8 inchi dan dibawah itu		B
Butiran – Dibawah ½ inchi		C
Berlumpur – Mengandung lumpur lebih dari ½ inchi		D
Tidak beraturan - berserabut, saling mengunci, saling menyatu		E

<b>Tingkat Aliran</b> <i>Angle of Repose</i>	Benda mengalir dengan kecepatan sangat bebas – <i>angle of repose</i> kurang dari 19°	1
	Benda mengalir dengan kecepatan bebas – <i>angle of repose</i> 20°–29°	2
	Benda mengalir dengan kecepatan rata-rata – <i>angle of repose</i> 30° -39°	3
	Benda mengalir dengan kecepatan lamban – <i>angle of repose</i> 40° and over	4
<b>Tingkat Abrasif Material</b>	Tidak Abrasif	5
	Abrasif	6
	Sangat abrasif	7
	Sangat Tajam - dapat memotong atau membuat sobek pada <i>cover belt</i>	8
<b>Karakteristik lainnya (memiliki lebih dari satu karakteristik yang berlaku)</b>	Sangat berdebu	L
	Memiliki karakteristik menghasilkan gelembung dan dapat mengembangkan cairan	M
	Mengandung debu yang eksplosif	N
	Dapat terkontaminasi, mempengaruhi penggunaan atau daya jual	P
	Dapat terurai, mempengaruhi penggunaan atau daya jual	Q
	Mengeluarkan asap atau debu yang berbahaya	R
	Sangat korosif	S
	Korosif ringan	T
	Higroskopis	U
	Partikelnya saling mengunci	V
	Minyak atau bahan-bahan kimia lainnya yang dapat mempengaruhi produk karet	W
	Paket/kemasan berada di bawah tekanan	X
Sangat ringan dan halus, mudah tertiuip angin	Y	
Di tempat suhu yang tinggi	Z	



Sedangkan, tabel di bawah ini adalah tabel untuk menentukan berat rata-rata material, *angle of repose*, sudut ketinggian maksimum yang direkomendasikan dan kode materialnya.

**Tabel 4.9** Menentukan Berat Rata-rata Material, *Angle of Repose* dan Sudut Ketinggian Maksimum (CEMA, 2007)

<b>Material</b>	<b>Berat Rata-rata (lbs/cu ft)</b>	<b>Angle of Repose (derajat)</b>	<b>Sudut Ketinggian Maksimum (derajat)</b>	<b>Kode</b>
Pasir untuk mengecor yang sudah jadi	80-90	30-44	24	B37
Pasir untuk mengecor yang baru saja diaduk	90-100	39	22	B35X
Pasir silikon kering	90-100	20-29	10-15	B37
Batu pasir yang bentuknya tidak beraturan	85-90	30-44	-	D37
<b>Serbuk kayu</b>	<b>10-13</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>*B35</b>
Biji wijen kering	27-41	20-29	-	B25N
Limbah berbentuk lumpur	40-50	20-29	-	E25TW

Berdasarkan tabel di atas, dari material yang sudah diketahui yaitu serbuk kayu, berat rata-ratanya adalah sebesar 10-13 lbs/cu ft, nilai *angle of reposesnya* adalah 36 derajat, sudut ketinggian maksimum yang disarankan adalah 22 derajat dan kode material untuk *belt conveyornya* adalah B35. Sudut ketinggian maksimumnya sudah ditentukan dari perhitungan pada poin 4.1.1 di bawah yaitu  $14,413^\circ$  dan nilainya sudah sesuai dengan sudut ketinggian maksimum yang disarankan. Kemudian, berikut ini adalah tabel profil untuk biomassa serbuk kayu.

**Tabel 4.10** Profil Biomassa Serbuk Kayu

<b>Nama material secara kimia</b>	<i>Sawdust</i>
<b>Temperatur material</b>	33° C
<b>Berat serbuk kayu rata-rata</b>	10-13 lbs/cu ft
<i>Angle of Repose</i>	36°
<i>Angle of Surcharge</i>	20°
<b>Rekomendasi Kemiringan Maksimum</b>	22 °
<b>Kode material</b>	B35
<i>Bulk density</i>	12000 kg/m <sup>3</sup> / 749,135 lb/ft <sup>3</sup>

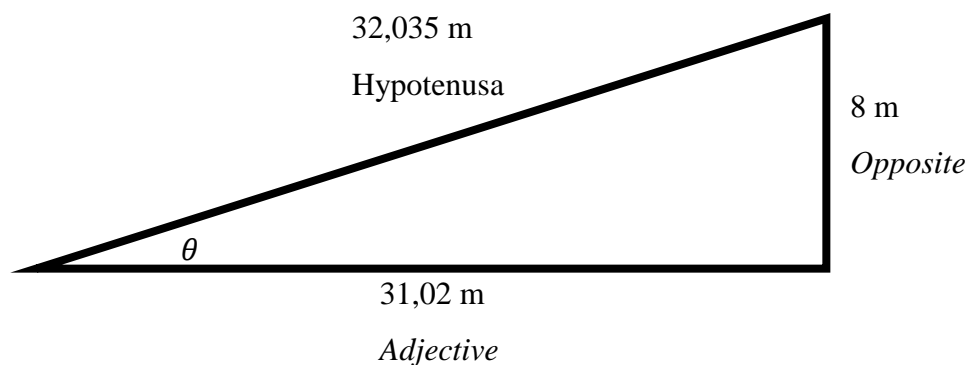
**Tabel 4.11** Menentukan Rekomendasi Kecepatan *Belt Conveyor* yang Disarankan (CEMA, 2007)

<b>Material yang Diangkut</b>	<b>Kecepatan <i>Belt</i> (fpm)</b>	<b>Lebar <i>Belt</i> (inchi)</b>
Biji-bijian atau bahan lain yang mengalir bebas dan nonabrasif	500	19
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Batu bara, tanah liat yang lembab, bijih lunak, tanah, dan batu pecah halus	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-95
Bijih yang berat, keras, bermata tajam dan batu yang dihancurkan secara kasar	350	18
	500	24-36
	600	Lebih dari 36
Pasir pengecoran, yang sudah diaduk maupun masih lembab, pasir kocok dengan inti kecil, dengan atau tanpa coran kecil (tidak cukup panas untuk merusak <i>belt</i> )	350	Lebarnya berapapun

Pasir pengecoran yang telah disiapkan dan material lembab (atau bahan abrasif kering) serupa yang dibuang dari sabuk dengan bajak bermata karet.	200	Lebarinya berapapun
Material nonabrasif yang dikeluarkan dari <i>belt</i> dengan menggunakan alat membajak.	200 sampai 400	Lebarinya berapapun
<i>Feeder belts</i> , tipe datar atau tipe <i>troughed</i> material yang halus, nonabrasif, <i>or</i> material abrasif ringan dari <i>hopper</i> dan tempat sampah	500 sampai 100	Lebarinya berapapun

Berdasarkan tabel di atas yang ditentukan dari jenis material yang diangkut, kecepatan *belt* yang disarankan adalah 500 feet per menit, sedangkan lebar *belt* yang disarankan adalah 19 inchi. Berdasarkan dari data-data yang sudah diketahui di atas, maka akan dilakukan perhitungan-perhitungan untuk menentukan komponen pada *belt conveyor*. Berikut ini merupakan tahapan, rumus-rumus serta perhitungan komponen-komponen *belt conveyor* yang dibutuhkan:

#### 4.5.1 Menghitung Panjang Hypotenusa dan Sudut Kemiringan dari *Belt Conveyor*



**Gambar 4.36** Menghitung Sudut Kemiringan dan Panjang Hypotenusa *Belt Conveyor*

$$\tan \theta = \frac{\text{opposite}}{\text{adjacent}} \dots \dots \dots (4.5)$$

$$\tan \theta = \frac{8 \text{ m}}{31,02 \text{ m}} = 0,257$$

$$\theta = \tan^{-1} (0,257)$$

$$\theta = 14,413^\circ$$

$$\text{Hypotenusa} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{Hypotenusa} = \sqrt{8^2 + 31,02^2}$$

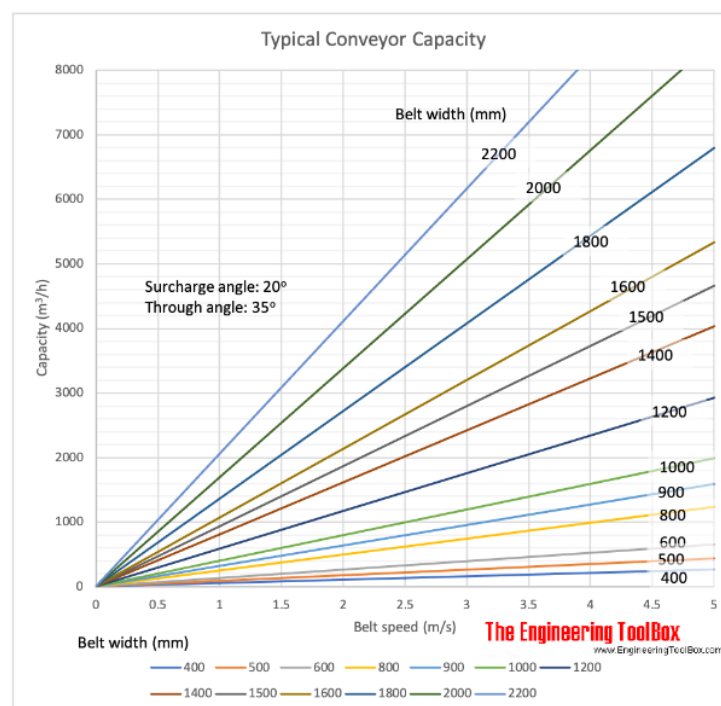
$$\text{Hypotenusa} = \sqrt{64 + 962,24}$$

$$\text{Hypotenusa} = \sqrt{1026,2404}$$

$$\text{Hypotenusa} = 32,035 \text{ m}$$

Berdasarkan pada tabel 4.3, sudut ketinggian maksimum yang disarankan adalah 22 derajat. Sedangkan, berdasarkan hasil perhitungan di atas sudut ketinggian maksimumnya adalah 14,413° dan nilainya sudah sesuai dengan sudut ketinggian maksimum yang disarankan.

#### 4.5.2 Menentukan Lebar *Belt* dan Lebar *Pulley*



**Gambar 4.37** Menentukan Lebar *Belt* berdasarkan Kecepatan *Belt Conveyor* dan Kapasitasnya

Berdasarkan gambar grafik di atas, lebar *belt* yang didapat dari tabel di atas adalah 500 mm. Karena, kecepatan *beltnya* adalah 2,54 m/s dan kapasitas targetnya adalah 16,7 ton per jam. Kemudian, berdasarkan hasil perhitungan lebar *belt* di atas, menurut PCI (2014) dapat ditentukan bahwa lebar *pulley* dalam pengaplikasian pengangkutan bahan di *belt conveyor* sebesar 2-3 inchi dari lebar *belt*. Jadi lebar *pulleynya* sekitar 550,8-576,2 mm dan lebar aman yang bisa diambil adalah 576,2 mm.

#### 4.5.3 Menentukan Diameter *Roller Idlers*

Pada poin ini akan dibahas pentingnya untuk menentukan diameter *roller idlers* yang tepat untuk *belt conveyor*. *Roller idlers* ini memiliki fungsi yang sangat krusial untuk menjaga kelancaran pergerakan material di atas *belt conveyor*. Berikut ini adalah tabel untuk menentukan rekomendasi besarnya diameter *roller idlers*.

**Tabel 4.12** Menentukan Rekomendasi Besarnya Diameter *Roller Idlers* (CEMA, 2007)

<b>Diameter <i>Roller</i> (inchi)</b>	<b>Kecepatan <i>Belt</i> (fpm)</b>
4"	524
5"	654
6"	785
7"	916

Berdasarkan tabel di atas, seperti yang sudah diketahui bahwa kecepatan *belt* pada *belt conveyor* adalah 500 fpm, maka diameter *roll idlers* yang direkomendasikan adalah sebesar 4 inchi atau 101,6 mm dan juga nilai  $A_i$  nya sebesar 2,3. Nilai  $A_i$  ini didapat dari besarnya diameter *rollers roller* pada buku CEMA halaman 91.

#### 4.5.4 Menentukan Lebar Permukaan *Pulley*

Lebar permukaan *pulley* adalah panjang batang kontak, *wing*, atau *rim* di sepanjang sumbu poros. Lebar permukaan *pulley* standar biasanya setara dengan lebar *belt*, ditambah 2 inchi jika sabuk lebih lebar dari 2

inchi, atau 3 inchi jika sabuk lebih dari itu. Untuk memberikan jarak bebas yang lebih besar, permukaan *pulley* yang biasanya 6–12 inchi lebih besar dari lebar sabuk. Tidak boleh ada *belt conveyor* yang bergerak di luar tepi permukaan *pulley*.

Seperti yang sudah diketahui, lebar beltnya adalah 500 mm atau setara dengan 19,68 inchi. Namun, untuk memastikan bahwa ada sedikit ruang ekstra yang diperlukan untuk instalasi agar lebih mudah dan untuk menghindari ketegangan yang berlebihan akibat dari perubahan temperatur maka direkomendasikan untuk menambah 2 inchi jadi 21,68 inchi atau setara dengan 550,672 untuk lebar permukaan *pulleynya*.

#### **4.5.5 Menentukan Diameter *Pulley* pada *Belt Conveyor***

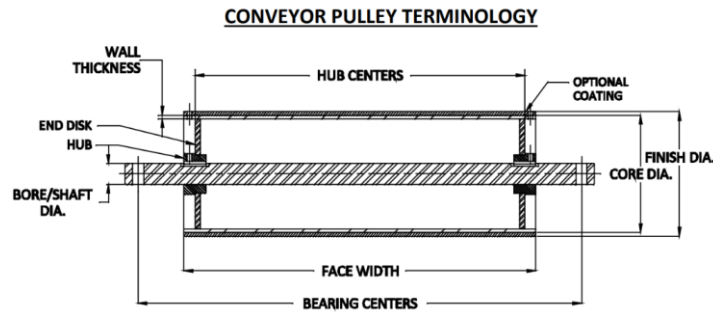
Dalam menentukan diameter *pulley* dan diameter poros membutuhkan beberapa pemahaman dan pertimbangan beberapa variable yang ditemukan di dalam sebuah sistem *belt conveyor*. Diameter *pulley* dan diameter poros harus dipilih dengan menggunakan standar CEMA B105.1-2003. Berikut ini adalah beberapa variabel yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan diameter *pulley* dan diameter poros:

##### **A. *Belt***

Sebagian besar produsen *belt conveyor* selalu merekomendasikan spesifikasi diameter *pulley* minimum untuk *belt conveyor* berdasarkan karakteristik material yang akan diangkut, konstruksi dari *belt conveyor* beserta profil rangka yang digunakan.

##### **B. Metode Pembungkus antara *Belt* dan *Pulley***

Jumlah dari traksi dan gaya tarik di antara *belt* dan *pulley* ini dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan sudut kontak di antara dua permukaan part tersebut.



Gambar 4.38 Bagian-bagian pada *Belt Conveyor Pulley* (PCI, 2014)

Tabel 4.13 Menentukan Diameter *Pulley* dan Besaran Lubang Maksimum Berdasarkan Lebar *Belt* dan Lebar *Permukaan Pulley* (CEMA, 2007)

Ukuran <i>Pulley</i>		Lebar <i>Belt</i> (inchi)															
Diameter (inchi)	Ukuran Lubang Maksimal (inchi)	19	24	30	36	42	48	54	60	Lebar Permukaan <i>Pulley</i> (inchi)							
		20	22	24	26	30	32	36	38	44	46	51	54	57	60	63	66
6	2 ½	30	35	35	40	40	45	45	50	60	60	65	65	70	75	80	-
8	2 ½	45	50	50	55	60	65	70	75	80	85	95	100	105	110	115	-
10	2 ½	55	60	60	65	70	75	85	90	100	100	105	110	120	125	135	140
		60	65	70	75	80	85	95	100	110	110	115	120	125	130	145	150
		75	80	80	85	90	95	105	110	120	120	125	130	135	140	150	155

Berdasarkan tabel di atas, dapat ditentukan dari lebar *belt* dan lebar permukaan *pulley* bahwa besarnya diameter *pulley* yang direkomendasikan adalah 6 inchi dan ukuran lubangnya adalah sebesar 2 ½ inchi.

#### 4.5.6 Menentukan Diameter untuk *Ball Bearing*

Berikut ini adalah tabel untuk menentukan diameter untuk *ball bearing* pada poros *belt conveyor* berdasarkan nilai poros *pulley* yang sudah diketahui.

**Tabel 4.14** Menentukan Diameter untuk *Ball Bearing* pada Poros (NSK)

Nomor Lubang	d	Diameter Seri 7				
		D	Seri Dimensi			
			17	27	37	17~37
			B			r (min.)
-	0,6	2	0,8	-	-	0,05
1	1	2,5	1	-	-	0,05
-	1,5	3	1	-	1,8	0,05
2	2	4	1,2	-	2	0,05
-	2,5	5	1,5	-	2,3	0,08
3	3	6	2	2,5	3	0,08
4	4	7	2	2,5	3	0,08
5	5	8	2	2,5	3	0,08
6	6	10	2,5	3	3,5	1

Berdasarkan tabel di atas, dapat ditentukan bahwa besarnya diameter dalam *ball bearing* yang direkomendasikan adalah 6 inci, dan ukuran diameter luarnya 10 inci.

#### 4.5.7 Menentukan Ukuran Pasak Berdasarkan Diameter Poros

Berikut ini adalah tabel untuk menentukan ukuran pasak berdasarkan ukuran diameter poros yang sudah diketahui.

**Tabel 4.15** Menentukan Ukuran Pasak berdasarkan Diameter Poros

NOMINAL SHAFT DIAMETER		NOMINAL KEY SIZE			NOMINAL KEYSEAT DEPTH	
Over	To (Incl )	Width, W	Height, H		H/2	
			Square	Rectangular	Square	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32		3/64	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32	1/16	3/64
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8	3/32	1/16
7/8	1-1/4	1/4	1/4	3/16	1/8	3/32
1-1/4	1-3/8	5/16	5/16	1/4	5/32	1/8
1-3/8	1-3/4	3/8	3/8	1/4	3/16	1/8
1-3/4	2-1/4	1/2	1/2	3/8	1/4	3/16
2-1/4	2-3/4	5/8	5/8	7/16	5/16	7/32
2-3/4	3-1/4	3/4	3/4	1/2	3/8	1/4
3-1/4	3-3/4	7/8	7/8	5/8	7/16	5/16
3-3/4	4-1/2	1	1	3/4	1/2	3/8
4-1/2	5-1/2	1-1/4	1-1/4	7/8	5/8	7/16
5-1/2	6-1/2	1-1/2	1-1/2	1	3/4	1/2
6-1/2	7-1/2	1-3/4	1-3/4	1-1/2*	7/8	3/4
7-1/2	9	2	2	1-1/2	1	3/4
9	11	2-1/2	2-1/2	1-3/4	1-1/4	7/8
11	13	3	3	2	1-1/2	1
13	15	3-1/2	3-1/2	2-1/2	1-3/4	1-1/4
15	18	4		3		1-1/2
18	22	5		3-1/2		1-3/4
22	26	6		4		2
26	30	7		5		2-1/2



Berdasarkan tabel di atas, dapat ditentukan dari diameter poros nya sebesar 10 inchi, maka besarnya ukuran pasak adalah sebesar 3 inchi untuk panjangnya dan tingginya 2 inchi. Untuk ukuran kedalamannya sebesar 1 inchi. Berikut beberapa formula matematis untuk menentukan ketinggian *chordal* dan menentukan jarak kunci poros ke sisi berlawanan dari poros.

1. Menentukan ketinggian *chordal*

$$Y = \frac{D - \sqrt{D^2 - W^2}}{2} \dots \dots \dots (4.6)$$

$$Y = \frac{10 - \sqrt{10^2 - 3^2}}{2}$$

$$Y = 0,23 \text{ Inchi} = 584,2 \text{ mm}$$

2. Menentukan jarak kunci poros ke sisi berlawanan dari poros.

$$S = D - Y - \frac{H}{2} = \frac{D - H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2} \dots \dots \dots (4.7)$$

$$S = 10 - 0,23 - \frac{2}{2}$$

$$S = 8,77 \text{ Inchi} = 22.275,8 \text{ mm}$$

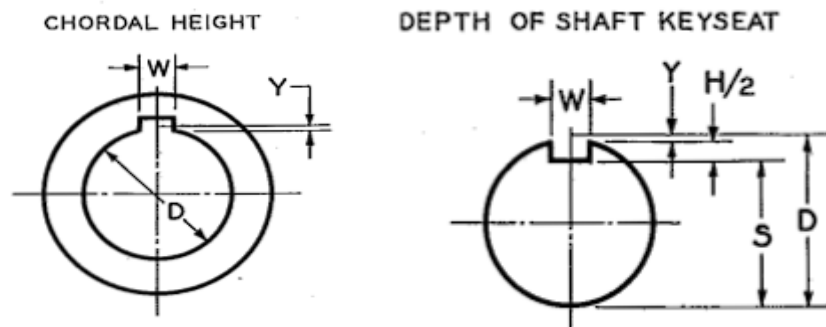
Dimana:

D = Poros Nominal atau diameter lubang (Inchi)

H = Tinggi Pasak (Inchi)

W = Lebar Pasak (Inchi)

Y = Tinggi *Chordal* (Inchi)



**Gambar 4.39** Menentukan Kedalaman *Chordal* dan Poros Kunci (ASME, 1967)

#### 4.5.8 Menentukan Beban Penampang Melintang (ft<sup>2</sup>)

Berikut ini adalah tabel untuk menentukan beban penampang melintang, beban penampang melintang ini dicari berdasarkan lebar *belt* dan *angle of surcharge* yang sudah diketahui.

**Tabel 4.16** Menentukan Beban Penampang Melintang (CEMA, 2007)

Lebar <i>Belt</i> (Inchi)	Beban Penampang Melintang (ft <sup>2</sup> )						
	<i>Angle of Surcharge</i>						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
19	-	0,020	0,041	0,062	0,083	0,105	0,127
24	-	0,039	0,077	0,117	0,157	0,198	0,241
30	-	0,063	0,126	0,190	0,255	0,321	0,390
36	-	0,092	0,185	0,280	0,376	0,474	0,575
42	-	0,130	0,257	0,387	0,520	0,656	0,796
48	-	0,169	0,340	0,512	0,688	0,868	1,053
54	-	0,216	0,434	0,654	0,879	1,109	1,346
60	-	0,269	0,540	0,814	1,093	1,380	1,675
72	-	0,392	0,786	1,186	1,593	2,010	2,440
84	-	0,538	1,080	1,628	2,186	2,758	3,349
96	-	0,707	1,419	2,139	2,873	3,625	4,400

Berdasarkan tabel di atas, dapat ditentukan dari lebarnya *belt* 19 inchi dan besarnya *angle of surcharge* nya adalah sebesar 20° bahwa besarnya beban penampang melintang pada *belt conveyor* adalah sebesar 0,083 ft<sup>2</sup>.

#### 4.5.9 Menghitung Berat Material di Sepanjang *Belt Conveyor*

Berikut ini adalah rumus dan tahapan perhitungan untuk menentukan berat material di sepanjang *belt conveyor*.

$$Q \text{ (Ton/Jam)} = 0,03 \times \text{kecepatan } \textit{belt} \text{ (fpm)} \times \text{berat material (lb/cu ft)} \times \text{beban penampang melintang (ft}^2\text{)} \dots\dots\dots(4.8)$$

$$16,7 \text{ ton/jam} = 0,03 \times 500 \text{ fpm} \times W_m \times 0,083 \text{ ft}^2$$

$$W_m = \frac{16,7 \text{ ton/jam}}{0,03 \times 500 \text{ fpm} \times 0,083 \text{ ft}^2} = \frac{16,7}{1,245} = 13,413 \text{ lbs/cu ft}$$

#### 4.5.10 Menentukan Jarak Normal antara *Belt Idlers* (Si)

Berikut ini adalah tabel untuk menentukan jarak antara *belt idlers* dan jarak antara *idlers* pembaliknya berdasarkan ukuran lebar *belt* dan berat material yang disarankan.

**Tabel 4.17** Menentukan Jarak antara *Belt Idlers* (CEMA, 2007)

Lebar <i>Belt</i> (inchi)	Jarak antara <i>Belt Idlers</i>						<i>Idlers</i> Pembalik
	Berat Material yang disarankan, lbs/cu ft						
	30	50	75	100	150	200	
19	5,5	5	5	5	4,5	4,5	10
24	5	4,5	4,5	4	4	4	10
30	5	4,5	4,5	4	4	4	10
36	5	4,5	4	4	3,5	3,5	10
42	4,5	4,5	4	3,5	3	3	10
48	4,5	4	4	3,5	3	3	10
54	4,5	4	3,5	3,5	3	3	10
60	4	4	3,5	3	3	3	10
72	4	3,5	3,5	3	2,5	2,5	8
84	3,5	3,5	3	2,5	2,5	2	8
96	3,5	3,5	3	2,5	2	2	8

Jadi, berdasarkan tabel di atas dengan lebar beltnya 19 inchi dan dengan mengangkat material seberat 13,413 lbs/cu ft. Jarak antara *belt idlers*nya adalah sebesar 5,5 inchi dan jarak *return idlers*nya sebesar 10 inchi.

#### 4.5.11 Menghitung Massa Material yang akan diangkut Sepanjang *Belt Conveyor*

Berikut ini adalah rumus dan perhitungan untuk massa material yang akan diangkut sepanjang *belt conveyor*.

$$m_l = \left( \frac{10 \cdot W}{36 \cdot \omega} \right) \dots \dots \dots (4.9)$$

Dimana:

$m_l$  = Massa material pada saat di angkut *belt conveyor*

$W$  = Berat material pada saat di angkut *belt conveyor*

$\omega$  = Kecepatan sudut *belt*,  $\omega = 2,54 \text{ m/s} = 500 \text{ ft/m}$

Hasil Perhitungan

$$ml = \left( \frac{10.13,413}{36 \times 500} \right)$$

$$ml = \left( \frac{134,13}{18000} \right) = 0,00745 \text{ kg/m} = 7.305,954 \text{ N/m}$$

**4.5.12 Menghitung Tegangan *Belt* Efektif ( $T_e$ )**

Setelah hal-hal yang harus diketahui nilainya sebelum menghitung tegangan *belt* efektif, berikut ini adalah rumus dan perhitungan untuk tegangan *belt* efektif ( $T_e$ ).

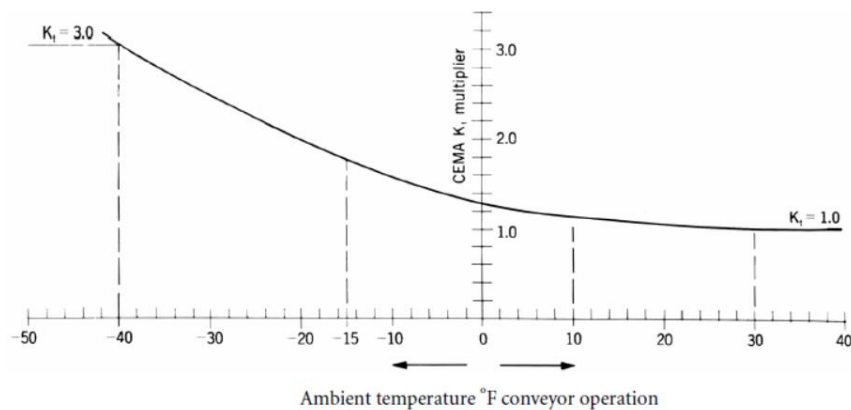
$$T_e = L \cdot K_t (K_x + K_y \cdot W_b + 0,015W_b) + W_m (L \cdot K_y \pm H) T_p + T_{am} + T_{ac} \dots \dots \dots (4.10)$$

Dimana:

$L$  = Panjang *belt conveyor* (ft)

$K_t$  = Faktor koreksi suhu lingkungan

Sedangkan, dibawah ini adalah grafik untuk menentukan faktor koreksi suhu lingkungan ( $K_t$ ).



**Gambar 4.40** Grafik Faktor Koreksi Temperatur Lingkungan (CEMA, 2007)

$K_x$  = Faktor yang digunakan untuk menghitung tahanan gesek dari *idlers* dan tahanan gesek antara *belt* dan *idler roller* (lbs per feet)

$$K_x = 0,00068 (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i} \dots \dots \dots (4.11)$$

$$K_x = 0,00068 (3,5 \text{ lbs/ft}^3 + 19,32 \text{ lbs/ft}) + \frac{2,3}{5,5}$$

$$K_x = 0,00068 (23,82 \text{ lbs/ft}) + \frac{2,3}{5,5} = 0,434$$

**Tabel 4.18** Perkiraan Berat *Belt* Rata-rata (CEMA, 2007)

<i>Belt Width</i> Inches ( <i>b</i> )	Material Carried, lbs/ft <sup>3</sup>		
	30-74	75-129	130-200
19	3,5	4	4,5
24	4,5	5,5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
60	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

$K_y$  = Faktor daya pendukung yang digunakan untuk menghitung kombinasi resistansi pada *belt* dan resistensi beban untuk melentur saat *belt* dan beban bergerak di atas *idlers*.

**Tabel 4.19** Nilai Faktor daya pendukung yang digunakan untuk menghitung kombinasi resistansi pada *belt* dan resistensi beban untuk melentur saat *belt* dan beban bergerak di atas *idlers* (CEMA, 2007)

Panjang <i>Conveyor</i> (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Persentase Kemiringan (%)						
		0	3	6	9	12	24	33
		Perkiraan Derajat						
		0	2	3,5	5	7	14	18
250	20	0,035	0,035	0,034	0,031	0,031	0,031	0,031
	50	0,035	0,034	0,033	0,032	0,031	0,028	0,027

	75	0,035	0,034	0,032	0,032	0,030	0,027	0,025
	100	0,035	0,033	0,032	0,031	0,030	0,026	0,023
	150	0,035	0,035	0,034	0,033	0,031	0,025	0,021
	200	0,035	0,035	0,035	0,035	0,032	0,024	0,018
	250	0,035	0,035	0,035	0,035	0,033	0,021	0,018
	300	0,035	0,035	0,035	0,035	0,032	0,019	0,018

**Tabel 4.20** Nilai Referensi Faktor  $K_y$  untuk diinterpolasi Ketika Digunakan sebagai Jarak antara *Idler* Pembawa Material di *Belt Conveyor* (CEMA, 2007)

$W_b + W_m$ (lbs/ft)	$S_b$ (lbs/ft)	Nilai Referensi $K_y$ untuk diinterpolasi									
		0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034
Kurang dari 50	3	0,016	0,016	0,016	0,0168	0,0183	0,0197	0,0212	0,0227	0,0242	0,0257
	3,5	0,016	0,016	0,0169	0,0189	0,0207	0,0224	0,0241	0,0257	0,0274	0,0291
	4	0,016	0,0165	0,0182	0,0204	0,0223	0,0241	0,0259	0,0278	0,0297	0,0316
	4,5	0,016	0,018	0,02	0,022	0,024	0,026	0,028	0,03	0,032	0,034
	5	0,0174	0,0195	0,0213	0,0236	0,0254	0,0273	0,0291	0,031	0,0329	0,0348

sebesar 0,028. Namun, nilai tersebut belum dilakukan interpolasi, setelah diinterpolasi, hasilnya adalah 0,0212.

$W_b$  = Berat *belt* keseluruhan (pounds per foot) = 3,5 lbs/ft<sup>3</sup>

Berat *belt* didapat dari tabel di atas dengan melihat berapa lebar *belt* nya dan berapa berat material keseluruhan yang berada di atas *belt conveyornya*.

$W_m$  = Berat material (lbs per foot) = 13,413 lbs/ft<sup>3</sup>

$H$  = Jarak vertikal material yang diangkat atau diturunkan = 8 m

$T_p$  = Tegangan yang dihasilkan dari resistensi *belt* terhadap kelenturan di sekitar *pulley* dan resistensi *pulley* terhadap rotasi pada bantalannya, total untuk semua *pulley*

Berikutnya setelah nilai koreksi faktor  $K_y$  ketika digunakan sebagai Jarak antara *Idler* Pembawa Material di *Belt Conveyor* diketahui, maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai tegangan *belt* untuk memutar *pulley*.

**Tabel 4.21** Nilai Tegangan *Belt* untuk Memutar *Pulley* (CEMA, 2007)

Lokasi <i>Pulley</i>	Derajat <i>Belt</i> dan <i>Pulley</i>	Tegangan dalam satuan di Sepanjang <i>Belt</i>
Sisi dengan Tegangan Kencang	150° sampai dengan 240°	200 <i>lbs/pulley</i>
Sisi dengan Tegangan Kendur	150° sampai dengan 240°	150 <i>lbs/pulley</i>
Bagian <i>Pulley</i> yang Lainnya	Kurang dari 150°	100 <i>lbs/pulley</i>

$T_{am}$  = Tegangan yang dihasilkan dari gaya untuk menjalankan material secara terus menerus saat berada pada *belt*

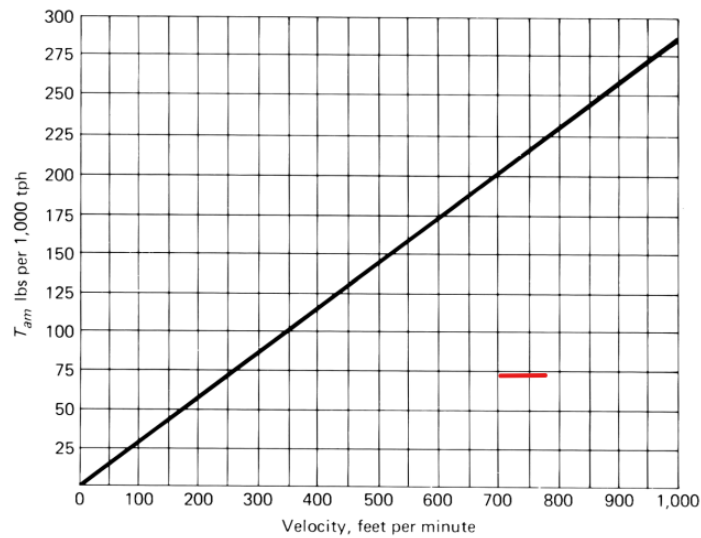
$$T_{am} = F = M \cdot V_c \dots \dots \dots (4.12)$$

$$M = \frac{16,7 \times 2000}{3600 \times 32,2} = \frac{33400}{115920} = 0,288$$

$$V_c = \frac{V - V_o}{60} = \frac{157,48 - 0}{60} = 2,62$$

$$T_{am} = F = 0,288 \times 2,62 = 0,7545$$

$T_{ac}$  = Total tegangan dari *conveyor*



**Gambar 4.41** Grafik untuk Mencari Nilai  $T_{ac}$

Berdasarkan grafik di atas ini, nilai dari total tegangan dari *belt conveyor* adalah

Hasil Perhitungan:

$$T_e = 32,035 \cdot 1 (0,434 + 0,0212 \cdot 3,5 + 0,015(3,5)) + 19,32 (32,035 \cdot 0,0212 \pm 8) 100 + 0,7545 + 0,05$$

$$T_e = 32,035(0,434 + 0,0742 + 0,0525) + 19,32 (8,68) 100 + 0,7545 + 1$$

$$T_e = 17,962 + 16769,76 + 0,7545 + 0,05 = 16.788,53 \text{ lbs}$$

#### 4.5.13 Menghitung Daya Motor Listrik yang Dibutuhkan

Berdasarkan nilai dari perhitungan tegangan *belt* efektif ( $T_e$ ) di atas, berikut ini adalah rumus dan perhitungan untuk menghitung daya motor listrik yang dibutuhkan dalam satuan *horsepower*.

$$P = \frac{T_e \times V}{33.000} \dots\dots\dots(4.13)$$

Dimana:

$T_e$  = Tegangan efektif

$V$  = Kecepatan *belt*,  $v = 2,54 \text{ m/s} = 500 \text{ fpm}$

Hasil Perhitungan:

$$P = \frac{16.788,53 \times 500 \text{ fpm}}{33.000} = 254,371 \text{ hp} = 189,684 \text{ kW}$$

Dari perancangan *belt conveyor* yang telah dilakukan, kondisi *belt conveyornya* menanjak, maka dari itu perlu dilakukan penambahan daya



agar motor listrik mampu menggerakkan *belt conveyor* dengan mudah dan tentunya tidak akan mengalami *overheat* dikarenakan beban yang bekerja diluar kemampuan motor listrik. Berikut ini adalah tabel persentase penambahan daya pada *belt conveyor* yang bekerja ditanjakan.

**Tabel 4.22** Persentase Penambahan Daya pada *Belt Conveyor* yang Bekerja ditanjakan (CEMA, 2007)

Total Faktor Koreksi <i>Belt Conveyor</i> di Kondisi Tanjakan						
Sudut Tanjakan	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Bahan yang Sedikit Menggulung dan Kasar	0,89	0,81	0,7	0,56	-	-
Material-material yang Lengket	1	0,93	0,85	0,68	0,58	0,47

$$P = 254,371 \text{ hp}$$

$$P_{\text{selisih}} = 254,371 \text{ hp} \times 0,89 = 226,39 \text{ hp}$$

$$P - P_{\text{selisih}} = 254,371 \text{ hp} - 226,39 \text{ hp} = 27,98 \text{ hp}$$

$$P_{\text{tanjakan}} = 254,371 \text{ hp} + 27,98 \text{ hp}$$

$$P_{\text{tanjakan}} = 282,351 \text{ hp} = 210,549 \text{ kW}$$

**4.5.14 Menghitung Torsi Motor Listrik dan Diameter Poros**

Berdasarkan nilai daya yang sudah diketahui, maka dapat dicari juga nilai torsi dan diameter poros yang dibutuhkan agar *belt conveyor* bekerja dengan semestinya, berikut ini adalah rumus dan perhitungan dari torsinya:

$$P = \frac{2 \pi N T}{60} = T_{\text{mean}} \cdot \omega \dots \dots \dots (4.14)$$

Dimana:

$T_{\text{mean}}$  = Torsi yang ditransmisikan dalam N-m

$P$  = Kecepatan angular dalam rad/s

$$P = \frac{2 \pi N T}{60} \dots \dots \dots (4.15)$$

$$210,549 = \frac{2 \pi 1500 T}{60}$$

$$T = \frac{210,549}{157} = 1,341 \text{ N-m}$$

Kemudian, akan dicari torsi maksimumnya dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut:

$$T_{\max} = 1,25 \times T \dots \dots \dots (4.16)$$

$$T_{\max} = 1,25 \times 1,341$$

$$T_{\max} = 1,676 \text{ N.m}$$

Kemudian, dari nilai torsi maksimum yang telah diketahui, maka dapat ditentukan diameter poros yang dibutuhkan dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut:

$$765,89 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times \tau \times d^3 \dots \dots \dots (4.17)$$

$$765,89 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times 1,11 \times d^3$$

$$d^3 = \frac{765890}{0,22}$$

$$d^3 = 3.481.318,182$$

$$d = \sqrt[3]{3.481.318,182}$$

$$d = 152,4 \text{ mm}$$

#### 4.5.15 Menghitung Slip pada *Belt Conveyor*

Terkadang, gesekan *grip* pada *belt* dan *pulley* menjadi tidak memadai. Hal ini dapat menyebabkan gerakan maju dari *pulley*, namun *beltnya* tidak ikut bergerak. Hal ini disebut sebagai slip, pada umumnya slip ini dinyatakan sebagai persentase. Berikut ini adalah rumus untuk mencari nilai slip pada *belt conveyor*.

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1+t}{d_2+t} \left( 1 - \frac{s}{100} \right) \dots \dots \dots (4.18)$$

Dimana:

$d_1$  = Diameter dari *head* atau *drive pulley*

$d_2$  = Diameter dari *tail pulley*

$N_1$  = Kecepatan dari *head* atau *drive pulley* dalam satuan rpm

$N_2$  = Kecepatan dari *tail pulley* dalam satuan rpm

$$\frac{1500}{1500} = \frac{400+3,175}{400+3,175} \left( 1 - \frac{s}{100} \right)$$

$$\left( \frac{1}{1} - \frac{s}{100} \right) = 1$$

$$\frac{100-s}{100} = 1$$

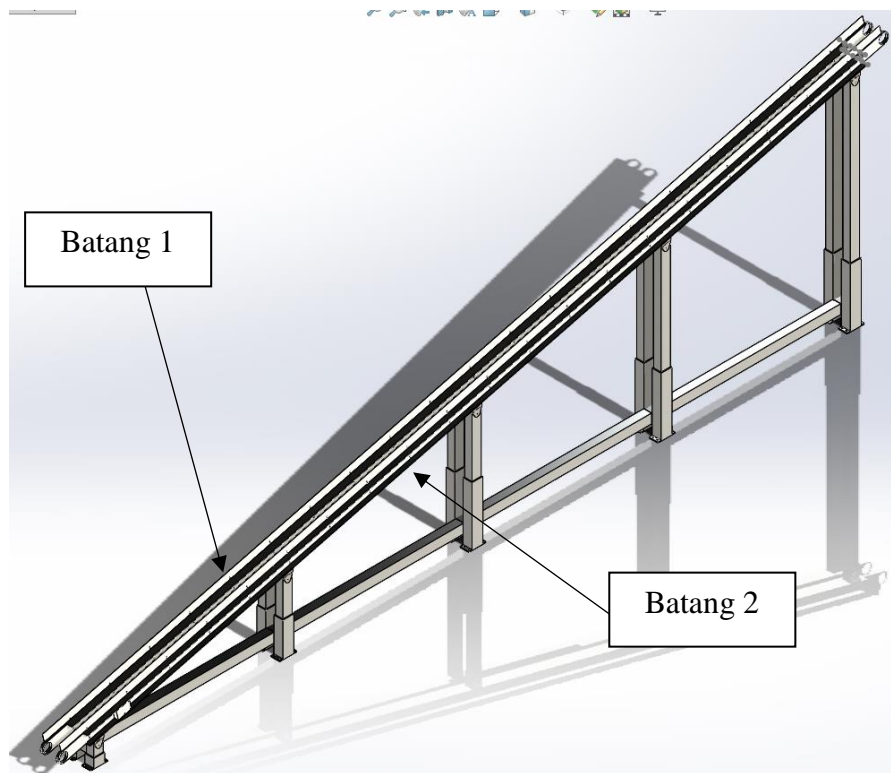
$$\frac{s}{100} = 0$$

$$1 - \frac{s}{100} = 1$$

$$s = 0$$

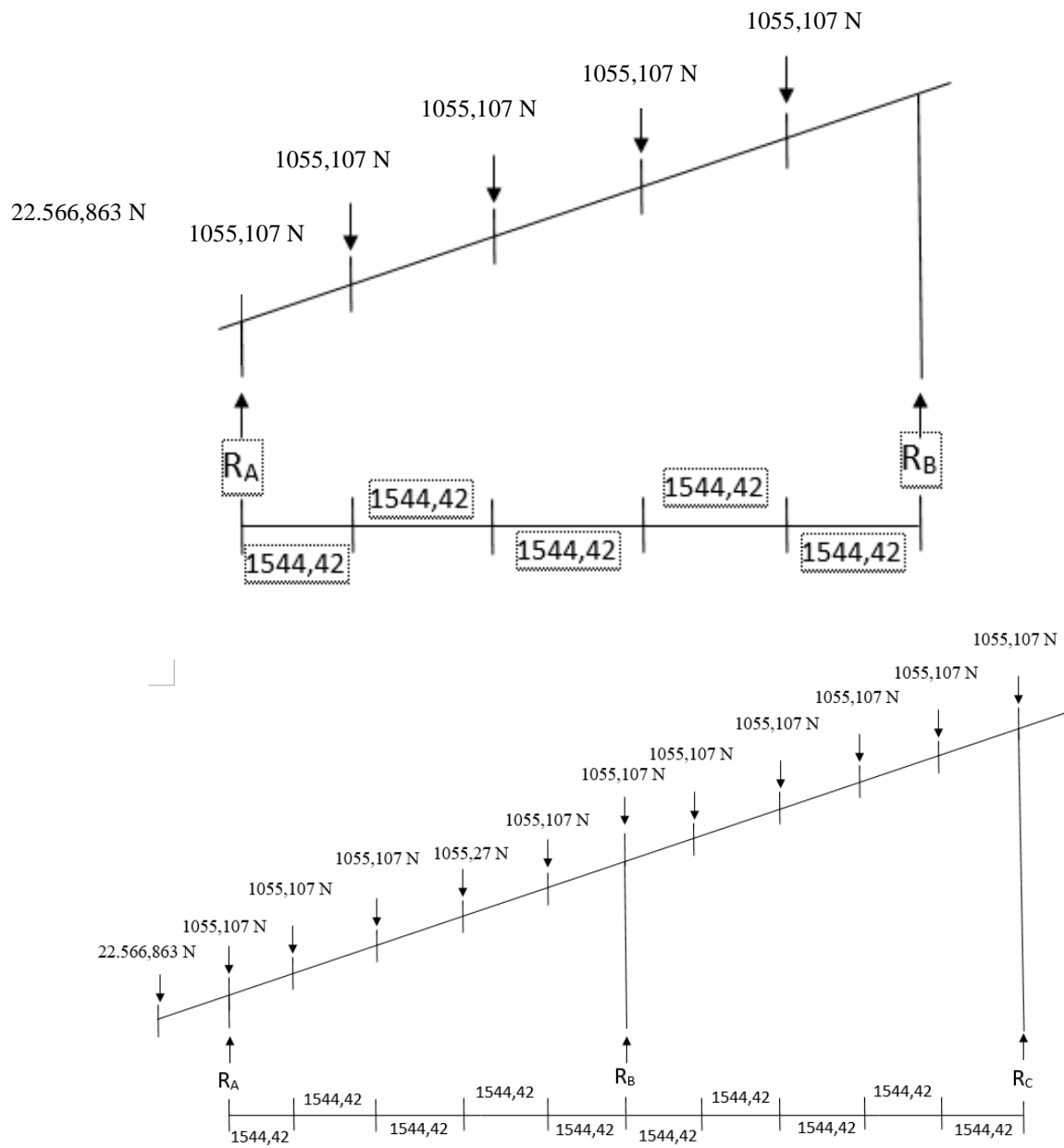
#### 4.5.16 Menghitung Struktur Rangka

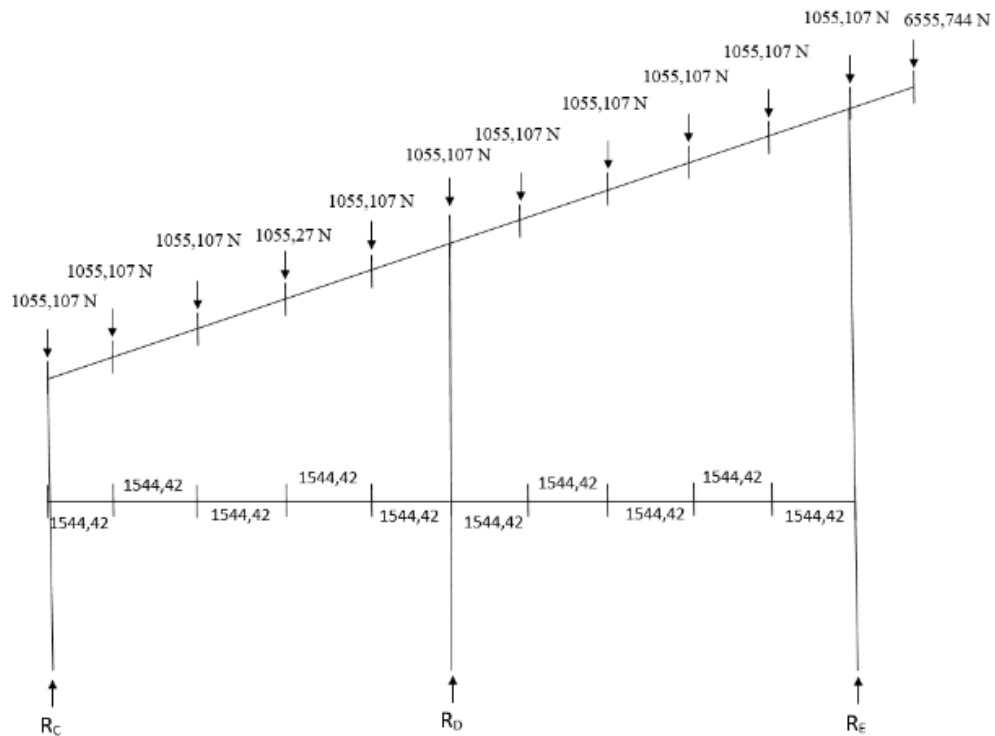
Kemudian, pada tahap perhitungan terakhir ini, dilakukan perhitungan pada setiap batang kerangka untuk memastikan bahwa hasil rancangan aman untuk dioperasikan. Berikut ini merupakan batang struktur yang mendapat titik kritis akibat pembebanan.



**Gambar 4.42** Posisi Beban Kritis

### 4.5.1.1 Batang 1



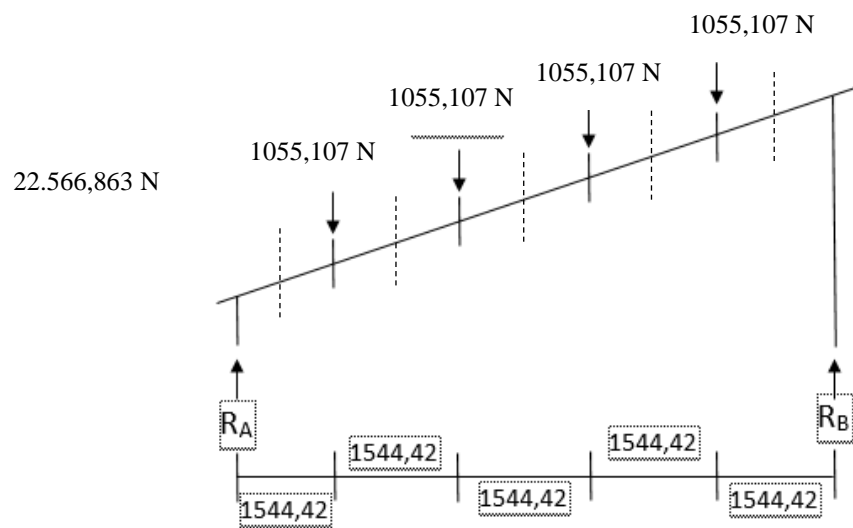


**Gambar 4.43** Diagram Benda Bebas Batang 1

Mencari nilai  $R_A$  dan  $R_B$

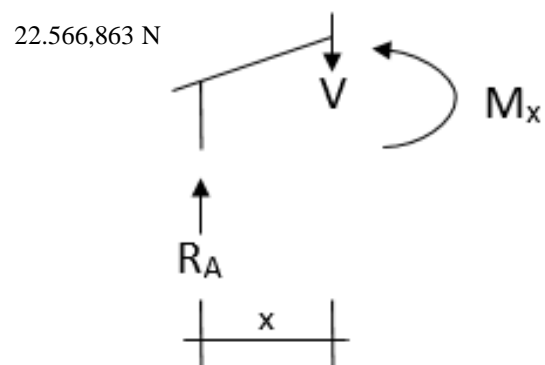
$$\begin{aligned}
 - \Sigma M_A &= 0 \\
 &- 22.566,863(1.544,42) + 1.055,107(0) \\
 &\quad + 1.055,107(1.544,42) + 1.055,107(3.088,84) \\
 &\quad + 1.055,107(4.633,26) + 1.055,107(6.177,68) \\
 &\quad - RB(7.721,10) = 0 \\
 &- 34.852.714,55 + 0 + 1.629.528,35 + 3.259.056,71 + \\
 &\quad 4.885.585,058 + 6.518.113,411 \\
 &7.721,10 RB = -18.560.431,02 \\
 &RB = - 2.403,86 N \\
 &RC = RD = RE = - 2.403,86 N \\
 - \Sigma F_y &= 0 \\
 &RA - 4(1.055,107) + -2.403,86 = 0 \\
 &RA = 6.624,28 N
 \end{aligned}$$

Mencari nilai dari masing-masing potongan



**Gambar 4.44** Potongan pada Batang 1

Potongan 1



**Gambar 4.45** Potongan 1 pada Batang 1

$$-M_x + 16,635 \cdot x = 0$$

$$M_x = 16,635 \cdot x$$

$$M_0 = 0$$

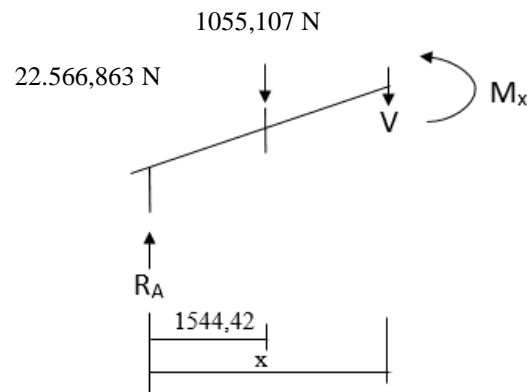
$$M_{772,21} = 527,553 \cdot (772,21) - 1.055,107(1.544,42) -$$

$$22.566,863(-1.544,42)$$

$$= 407.382,08 - 1.629.528,35 + 34.852.714,55$$

$$= 33.630.568,28 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

## Potongan 2



**Gambar 4.46** Potongan 2 pada Batang 1

$$-M_x + 527,553 \cdot x - 1.055,107 (x - 1.544,42) = 0$$

$$M_x = 527,553 \cdot x - 1.055,107 (x - 1.544,42)$$

$$M_{1544,42} = 527,553 (1.544,42)$$

$$- 1.055,107 (1.544,42 - 1.544,42)$$

$$- 22.566,863 (-1.544,42) = 35.667.477,95 \text{ N.mm}$$

$$M_{2316,63} = 527,553 (2.316,63)$$

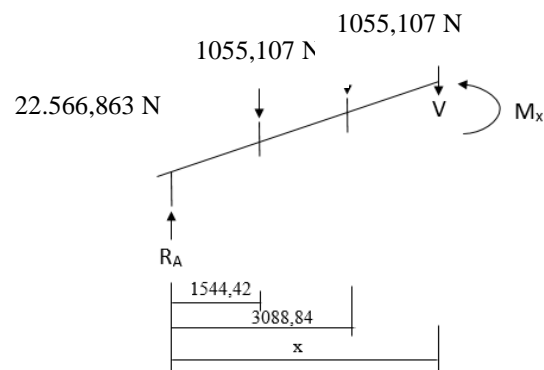
$$- 1.055,107 (2.316,63 - 1.544,42)$$

$$- 22.566,863 (-2.316,63)$$

$$= 38.537,14 - 25.691,43 \text{ N.mm}$$

$$= 52.686.452,77 \text{ N.mm}$$

## Potongan 3



**Gambar 4.47** Potongan 3 pada Batang 1

$$\begin{aligned}
 -M_x - 22.566,863(-2.316,63) + 527,553 x \\
 - 1.055,107 (x - 1.544,42) \\
 - 1.055,107 (x - 3.088,84) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= -22.566,863(-2.316,63) + 527,553 x \\
 &\quad - 1.055,107 (x - 1.544,42) \\
 &\quad - 1.055,107 (x - 3.088,84)
 \end{aligned}$$

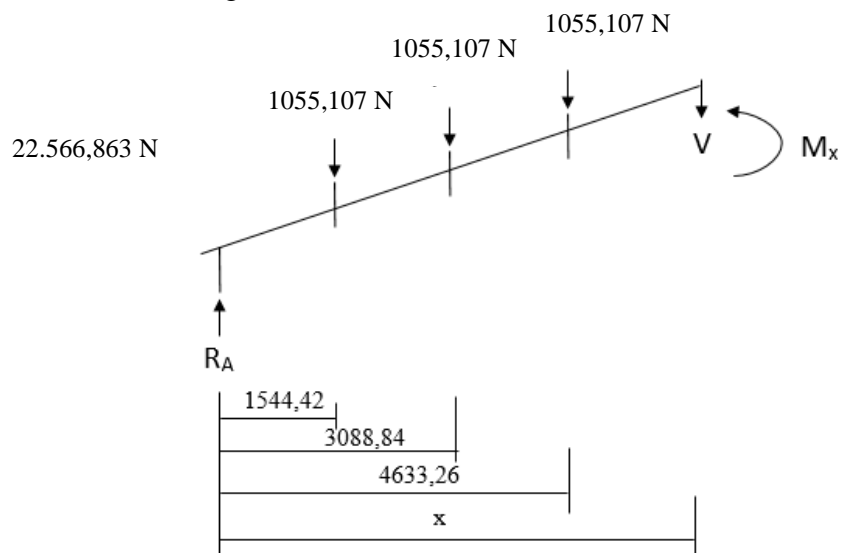
$$\begin{aligned}
 M_{3,088,84} &= -22.566,863(-2.316,63) + 527,553 (3088,84) \\
 &\quad - 1055,107 (3088,84 - 1544,42) \\
 &\quad - 1055,107 (3088,84 - 3088,84)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{3,088,84} &= 51.382,85 - 51.382,85 - 0 \\
 &= 52.279.070,291 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{3861,05} &= -22.566,863(-2.316,63) + 527,553 (3.861,05) \\
 &\quad - 1055,107 (3.861,05 - 1.544,42) \\
 &\quad - 1055,107 (3.861,05 - 3.088,84)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{3861,05} &= 52.279.071,831 + 2.036.908,511 - 2.444.292,53 \\
 &\quad - 814.764,17 \\
 &= 51.056.923,642 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Potongan 4



**Gambar 4.48** Potongan 4 pada Batang 1

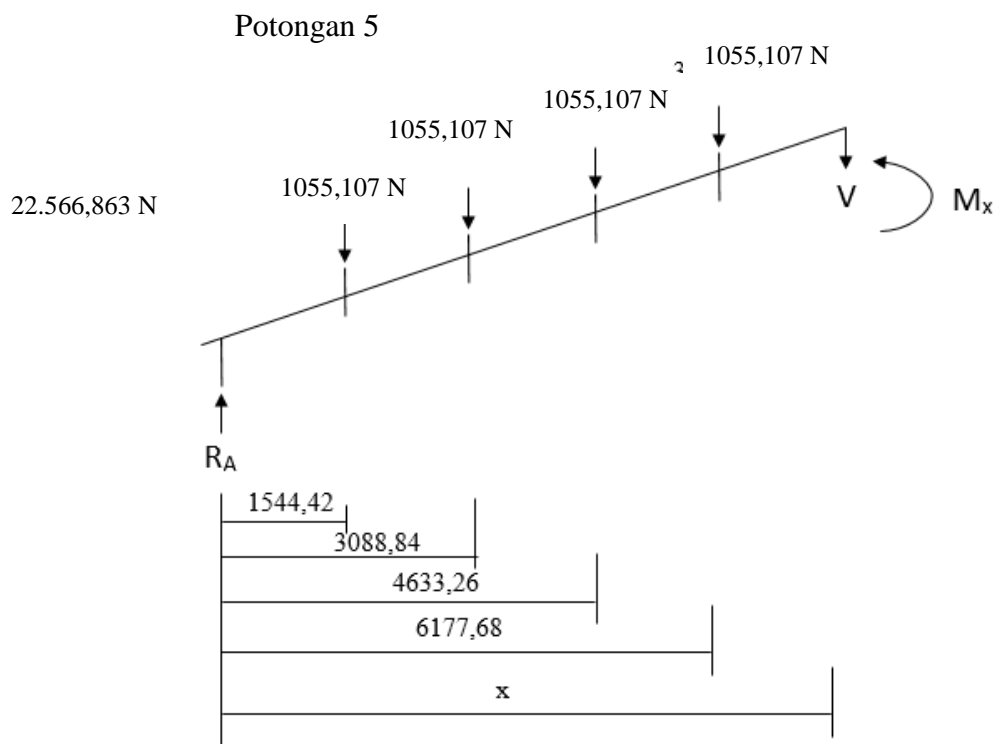


$$\begin{aligned}
 -M_x - 22.566,863 \cdot -x + 527,553 x - 1055,107 (x - 1544,42) \\
 - 1055,107 (x - 3088,84) \\
 - 1055,107 (x - 4633,26) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x = -22.566,863 \cdot -x - 527,553 x - 1055,107 (x - 1544,42) \\
 - 1055,107 (x - 3.088,84) \\
 - 1055,107 (x - 4.633,26)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{4.633,26} &= -22.566,863(-4.633,26) - 527,553 (4.633,26) \\
 &\quad - 1.055,107 (4.633,26 - 1.544,42) \\
 &\quad - 1.055,107 (4.633,26 - 3.088,84) \\
 &\quad - 1.055,107 (4.633,26 - 4.633,26) \\
 &= 97.225.268,39 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{5.405,47} &= -22.566,863(-5.405,47) - 527,553 (5.405,47) \\
 &\quad - 1.055,107 (5.405,47 - 1.544,42) \\
 &\quad - 1.055,107 (5.405,47 - 3.088,84) \\
 &\quad - 1.055,107 (5.405,47 - 4.633,26) \\
 &= 111.799.951,44 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.49** Potongan 5 pada Batang 1

$$\begin{aligned}
 -M_x - 22.566,863 \cdot -x + 527,553 x - 1.055,107 (x - 1.544,42) \\
 - 1.055,107 (x - 3.088,84) \\
 - 1.055,107 (x - 4.633,26) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x = - 22.566,863 \cdot -x + 527,553 x - 1.055,107 (x - 1.544,42) \\
 - 1.055,107 (x - 3.088,84) \\
 - 1.055,107 (x - 4.633,26) - 1.055,107 (x \\
 - 6.177,68)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{6177,68} = -22.566,863 \cdot -6.177,68 + 527,553 (6.177,68) \\
 - 1055,107 (6.177,68 - 1.544,42) \\
 - 1055,107 (6.177,68 - 3.088,84) \\
 - 1055,107 (6.177,68 - 4.633,26) \\
 - 1055,107 (6.177,68 - 6.949,89) \\
 = 136.963.426,903 \text{ N. mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{6949,89} = -22.566,863 \cdot -6.949,89 + 527,553 (6.949,89) \\
 - 1.055,107 (6.949,89 - 1.544,42) \\
 - 1.055,107 (6.949,89 - 3.088,84) \\
 - 1.055,107 (6.949,89 - 4.633,26) \\
 - 1.055,107 (6.949,89 - 6.949,89) \\
 = 148.282.188,169 \text{ N. mm}
 \end{aligned}$$

Mencari Nilai Tegangan maksimum ( $\sigma_{max}$ )

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \cdot c}{I} \dots\dots\dots(4.18)$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 \dots\dots\dots(4.19)$$

$$- I = \frac{1}{12} 400 \times 400^3 = 2.133.120.000 \text{ mm}^4$$

$$- \sigma_{max} = \frac{148.282.188,169 \text{ N.mm} \cdot 400 \text{ mm}}{2.133.120.000 \text{ mm}^4} = 27,81 \text{ Mpa}$$

Mencari nilai *Safety Factor*

$$k = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \dots\dots\dots(4.20)$$

$$k = \frac{62,4965}{27,81} = 2,25$$

#### 4.5.1.2 Batang 2

Nilai *Safety Factor* pada batang 2

$$k_{batang\ 2} = k_{batang\ 1} = 2,25$$

### 4.6 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat dilihat bahwa rangkanya sangat aman karena mampu menampung beban yang bekerja pada sistem *belt conveyor*. Karena pada bagian pengujian *stress* atau tegangan, angka dan warna tegangannya menunjukkan aman yaitu berkisar antara 0 MPa sampai dengan 20,8323 MPa dan ditandai dengan warna biru tua hingga hijau muda, sedangkan warna biru muda hingga hijau muda yang terjadi pada tengah-tengah rangka dengan kisaran tegangan sebesar 20,83 MPa sampai dengan 62,5 MPa, namun tidak terlihat adanya deformasi, kemudian untuk bagian pengujian *displacement* atau deformasi, tidak ada pembengkokan pada rangka dan itu ditandai dengan warna biru tua hingga biru muda (yang jumlahnya sangat sedikit) dan menunjukkan angka 0 mm. Lalu, untuk pengujian *strain* atau regangannya terjadi pada setiap kaki-kaki rangka berwarna biru tua hingga kuning, yang nilainya mulai dari 0 hingga 3.552,37. Kemudian, pengujian terakhir yaitu pengujian *safety factor* berada pada angka yang sangat aman, yaitu berada pada angka 3 dan ditandai dengan warna biru. Sedangkan, apabila dilakukan perhitungan secara manual dengan metode *Hibbeler*, maka nilai akhir *safety factor* yang di dapat adalah 2,25.

Pada pengujian poros, juga dapat dilihat bahwa poros yang telah dibuat sangat aman karena dapat menahan momen puntir sebesar 25 N.mm atau sebesar 1500 rpm dan terjadi deformasi atau perubahan bentuk, namun nilainya sangat kecil. Pada bagian pengujian *stress* atau tegangan, angka dan warna tegangannya menunjukkan aman yaitu berkisar antara  $2,51 \times 10^{-8}$  MPa sampai dengan  $5,8932 \times 10^{-5}$  MPa dan ditandai dengan warna biru tua hingga warna jingga, tidak terjadi perubahan bentuk pada poros. Kemudian untuk bagian pengujian *displacement* atau deformasi, tidak ada perubahan bentuk pada poros.